



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD
ÁREA ACADÉMICA DE NUTRICIÓN

**“DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL Y FIBRA
DIETARIA DE 43 VARIEDADES CRIOLLAS DE MAÍZ DE 7 MUNICIPIOS DEL
SURESTE DEL ESTADO DE HIDALGO”**

T E S I S
Que para obtener el título de
Licenciado en Nutrición
P R E S E N T A

Selene del Alba Ortíz Prudencio

Bajo la Dirección de:
M. en C. Esther Ramírez Moreno

Pachuca, Hgo., Julio 2006

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Sistema de Investigación Ignacio Zaragoza (SIZA) por el interés y el soporte ofrecido a todos los jóvenes para el desarrollo y proyección de sus conocimientos a través de la investigación, lo cual favorece al desarrollo de nuestro Estado y nuestro país.

En particular se reconoce el apoyo económico otorgado para la elaboración y culminación de este estudio, el cual forma parte del proyecto “Potencial de industrialización de las variedades criollas de maíz cultivadas en el sureste del estado de Hidalgo” con clave 20020805003.



A mis padres Edgar y Lety, por que gracias a su apoyo y gran cariño he logrado alcanzar cada una de las metas que me he propuesto.

A mi hermano Pablo por su apoyo, sus consejos y la gran confianza que existe entre nosotros.

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y al Área Académica de Nutrición por todas las facilidades otorgadas para la realización de ésta tesis.

A todos los maestros que dedicaron su tiempo para poder finalizar este proyecto.



INDICE	PÁGINA
ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE CUADROS	III
ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS	IV
1. RESUMEN	V
ABSTRACT	VII
2. MARCO TEÓRICO	1
2.1. El maíz	1
2.2. Maíz criollo	2
2.3. Estructura del grano de maíz	5
2.4. Composición química	7
2.4.1 Almidón	8
2.4.2 Proteínas	8
2.4.3 Fibra Dietaria	9
2.4.4 Otros nutrimentos	9
2.5. Importancia nutrimental	10
2.6. Análisis Bromatológico	10
2.6.1 Análisis Químico Proximal	10
2.6.1.1 Humedad	10
2.6.1.2 Cenizas	11
2.6.1.3 Proteína	11
2.6.1.4 Grasa	12
2.6.2 Fibra Dietaria	12
2.7 Importancia del maíz en Hidalgo	12
2.7.1. Actividades económicas	13
2.7.2. Producción de maíz	13
2.7.3 Usos del maíz	15
2.8. Antecedentes	15
3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17



4. JUSTIFICACIÓN	18
5. OBJETIVOS	19
5.1. Objetivo general	19
5.2. Objetivos específicos	19
6. DISEÑO METODOLÓGICO	20
6.1. Muestra de estudio	20
6.2. Diseño experimental	22
6.3. Métodos	23
6.3.1. Determinación de humedad	23
6.3.2. Determinación de cenizas	24
6.3.3. Determinación de nitrógeno total	25
6.3.4. Determinación de extracto etéreo	27
6.3.5. Determinación de fibra dietaria	29
6.4. Análisis estadístico	32
7. RESULTADOS	33
7.1. Humedad	34
7.2. Cenizas	39
7.3. Proteína	42
7.4. Extracto etéreo	45
7.5. Fibra Dietaria	48
8. DISCUSIÓN	50
9. CONCLUSIONES	54
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	55
11. ANEXOS	60

**INDICE DE CUADROS****PÁGINA**

Cuadro 1: Composición química de las partes principales de los granos de maíz	7
Cuadro 2: Composición química de los cereales	8
Cuadro 3: Promedio de la composición química proximal y fibra dietaria de las variedades criollas de maíz	38
Cuadro 4: Comparación de la composición química proximal de las muestras de la variedad criolla de maíz amarillo	54
Cuadro 5 : Comparación de la composición química proximal de las muestras de la variedad criolla de maíz blanco	54
Cuadro 6 : Comparación de la composición química proximal de las muestras de la variedad criolla de maíz azul	55
Cuadro 7: Comparación de la composición química de las muestras de las variedades criollas de maíz pintos y rojos	55



INDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS	PÁGINA
Figura 1: Estructura del grano del maíz, corte longitudinal	6
Grafico 1: Promedio de humedad de las variedades de maíz	41
Grafico 2: Porcentaje de humedad de 43 muestras de maíz	42
Grafico 3: Promedio de cenizas de las variedades de maíz	44
Grafico 4: Porcentaje de cenizas de 43 muestras de maíz	45
Grafico 5: Promedio de proteína de las variedades de maíz	47
Grafico 6: Porcentaje de proteína de 43 muestras de maíz	48
Grafico 7: Promedio de grasa de las variedades de maíz	50
Grafico 8: Porcentaje de grasa de 43 muestras de maíz	51
Grafico 9: Promedio de fibra dietaria de las variedades de maíz	52
Grafico 10: Porcentaje de fibra dietaria de 10 muestras de maíz	53



1. RESUMEN

El maíz, que es junto con el trigo y el arroz uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales, es una materia prima básica de la industria de transformación, con la que se producen almidón, aceite, bebidas alcohólicas y edulcorantes alimentarios.

El consumo de este cereal a nivel nacional es muy elevado, pero entre comunidades rurales este consumo es aún más notable, constituyendo el principal cereal de la dieta y en ocasiones la principal fuente de nutrimentos.

Su importancia nutrimental radica principalmente en que es una fuente importante de energía debido a su alto contenido de hidratos de carbono principalmente de almidón, pero además contiene proteínas, un elevado nivel de ácidos grasos poliinsaturados, fibra, minerales como el fósforo y vitaminas como la A y E.

En el sureste del Estado de Hidalgo se cultivan diferentes variedades de maíz criollo que aun no han sido caracterizadas, siendo estas mismas consumidas en las diversas regiones productoras como parte principal de su alimentación, por lo cual es importante conocer la composición nutrimental y con esta información poder ofrecer alternativas de utilización de este producto en la alimentación.

El objetivo principal de este estudio fue conocer la composición química del maíz criollo que se produce en el sureste del Estado de Hidalgo, y para ello se utilizaron 43 muestras de maíz criollo de variedades blancas, amarillas, azules, rojas y pintas, recolectadas de 7 municipios pertenecientes a la zona sureste del Estado de Hidalgo y con ellas se determinó la composición química proximal y fibra dietaria con la finalidad de conocer la composición nutrimental de dicho maíz.



En los resultados se encontró un promedio de 8.61% de humedad, 1.44% de cenizas, 10.06% de proteína, 5.08% de grasa y 15.19% de fibra. En general las muestras de maíz blanco tuvieron tendencia a presentar los valores más bajos en cuanto a humedad, cenizas y grasa, aunque algunas de sus muestras obtuvieron valores relevantes en proteína, grasa, y fibra dietaria, al igual que algunas muestras de maíz amarillo y la variedad de maíz rojo, lo cual puede ser de importancia para la industria alimentaria.

Palabras clave: maíz criollo, composición química, importancia nutrimental, fibra dietaria.

**ABSTRACT**

The corn is, together with the wheat and the rice, one of the most important cereals in the World, gives nutritive elements to human beings and animals, it is a Basic supply of the transformation industry, with it starch, oil, alcoholic drinks and alimentaryedulcorantes are produced.

The consumption of this cereal is very high at national level, but into rural communities this consumption is very notable, constituting the main cereal of a diet and in occasions the main nutriments supply.

Its nutrimental importance is mainly because it is an important energy supply due to its high content of carbon hydrates as starch, but it also contains proteins, a high level of polisaturates fatty acids, minerals like phosphorus and vitamins as A and E.

In the southeast of the Hidalgo State, different varieties of Creole corn are cultivated, these have not been classified yet, but consumed in the diverse producer regions as main part of their food, reason why it is important to know the nutrimental composition and with this information be able to offer alternatives of using this product in the feeding.

The main objective of this study was to know the chemical composition of the creole corn that is produced in the southeast of the Hidalgo state, and to get it 43 samples of creole corn: white, yellow, blue, red and spot varieties were used, gathered in 7 districts belonging to the southeast area of this State and with them the proximal chemical composition and dietary fiber was determined with the purpose of knowing the nutrimental composition of this corn.



An average of 8.61% of humidity, 1.44% of ashes, 10.06% of protein, 5.08% of fat and 15.19% of fiber was found in the results. In general the samples of white corn had a tendency to present the lowest values about humidity, ashes and fat, although some of these samples obtained outstanding values in protein, fat, and dietary fiber, some samples of yellow corn and the variety of red corn, which can be very important for the alimentary industry.

Words key: Creole corn, chemical composition, importance nutrimental, dietary fiber.



2. MARCO TEORICO

2.1. EL MAÍZ

El maíz, *Zea mays L.*, es uno de los granos alimentarios mas antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las *Poáceas*. Otras especies del género *Zea*, son el teocintle y las especies del género *Tripsacum*, conocidas como arrocillo o maicillo, las cuales son formas salvajes parientes de *Zea mays* (1).

Muchos investigadores creen que el maíz tuvo su origen, con toda probabilidad, en América Central, especialmente en México, donde el maíz y el teocintle han coexistido desde la antigüedad (2). La evidencia más antigua de la existencia del maíz, es de unos 7 000 años de antigüedad. A finales del siglo XV, tras el descubrimiento del continente americano por Cristóbal Colón, el grano fue introducido en Europa a través de España (3).

Hoy día, el maíz es el segundo cultivo más importante del mundo por su producción después del trigo, y es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea. El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial, como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales (1).

El maíz tiene una gran variabilidad en el color del grano; a menudo es de color blanco o amarillo, aunque hay variedades de color azul, rojo y jaspeado (3), sus diferencias radican en la textura, la composición y la apariencia. Puede ser clasificado en distintos tipos conforme la constitución del endospermo y del grano; el color del grano; el ambiente en que es cultivado; la madurez y su uso.



Los tipos de maíz más importantes por sus características físicas son duro, dentado, reventón, dulce, harinoso, ceroso y tunicado. Económicamente, los tipos más importantes de maíz cultivados para alimento o forraje y ensilaje caen dentro de las tres categorías más importantes de duro, dentado y harinoso (3).

Existen numerosas razas de maíz en México, donde hasta ahora se han identificado aproximadamente 49. Como raza se entiende “un grupo de individuos emparentados con suficientes características en común para permitir su reconocimiento como grupo”. Es probable que no exista una raza “pura”, ya que todas las variedades de una misma raza creadas por polinización libre difieren ligeramente en su genética (4).

2.2. MAÍZ CRIOLLO

El maíz criollo es una especie de polinización libre, lo cual significa que las plantas muy fácilmente intercambian genes con otras cercanas. Los campesinos, que conocen esta característica la han aprovechado para adaptar el maíz según sus preferencias y la ecología del lugar, y buscan otras variedades para cruzarlas con las propias (5).

Los caracteres utilizados en la clasificación de los maíces en México están comprendidos en cuatro grupos principales: A) caracteres vegetativos de la planta, B) caracteres de la espiga, C) caracteres de la mazorca y D) caracteres fisiológicos, genéticos y citológicos. Con estas características se identificaron cuatro razas de maíz las cuales son:



A. Indígenas antiguas: Este grupo se originó del maíz primitivo tunicado.

1. Palomero toluqueño
2. Arrocillo amarillo
3. Chapalote
4. Nal-tel

B. Exóticas precolombinas: Se consideran introducidas de centro y Sudamérica en épocas prehispánicas.

1. Cacahuacintle
2. Harinoso de ocho
3. Glotón
4. Maíz dulce

C. Mestizas prehistóricas: Se cree que fueron originadas por una serie de cruzamientos entre las razas de maíz Indígenas Antiguas y Exóticas Precolombinas, sumándose además una influencia del teocintle como un progenitor más.

1. Cónico
 2. Reventador
 3. Tabloncillo
 4. Tehua
 5. Tepecintle
 6. Comiteco
 7. Jala
 8. Zapalote chico
 9. Zapalote grande
 10. Pepitilla
 11. Olotillo
 12. Tuxpeño
 13. Vandeño
-



D. Modernos incipientes: En este grupo se encuentran las razas de maíz originadas desde la época de la conquista española en México.

1. Chalqueño
2. Celaya
3. Cónico norteño
4. Bolita

Actualmente se han generado nuevas variedades con modificaciones en su contenido nutrimental, y se realizan numerosas investigaciones. En México, se encuentra el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) que es el encargado de realizar investigaciones sobre el maíz criollo y actualmente, está tratando de dar una respuesta científica de los transgenes, con el objetivo de entender lo que significaría la presencia de éstos en el maíz criollo mexicano, para la conservación de los recursos genéticos del maíz, la diversidad genética, la gente, sus comunidades, y el medio ambiente. Además están trabajando para establecer una base de datos sobre los maíces criollos de México y el resto del mundo, que contenga información acerca de las características agronómicas y de calidad de estos materiales, así como también información genética (5).

Con el paso del tiempo ha habido una tendencia evolutiva en estos maíces, modificando sus características como resultado de la hibridación (5). De igual manera la manipulación genética ha permitido crear maíces de mayor calidad nutrimental como son los de alto contenido en grasas o proteínas. En el caso de la modificación en las proteínas, se creó el maíz con proteínas de alta calidad (MCP) basado en el “mutante *opaco 2*” (1).

Desde 1970, en el Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT) en México, con la colaboración de algunos investigadores y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), trabajaron en solucionar los problemas que presentaba el maíz.



Finalmente para 1983, lograron obtener una variedad con una mejor calidad de las proteínas, sin modificar la cantidad, ya que proporciona el doble de lisina y triptófano, (aminoácidos esenciales para el hombre); una mejor altura de la mazorca, planta baja y por lo tanto, un alto rendimiento, además de que se eliminaron los genes que causaban la pudrición de la mazorca y la susceptibilidad a plagas, llamando al nuevo producto “Maíz con Calidad Proteica” (MCP) (6,7).

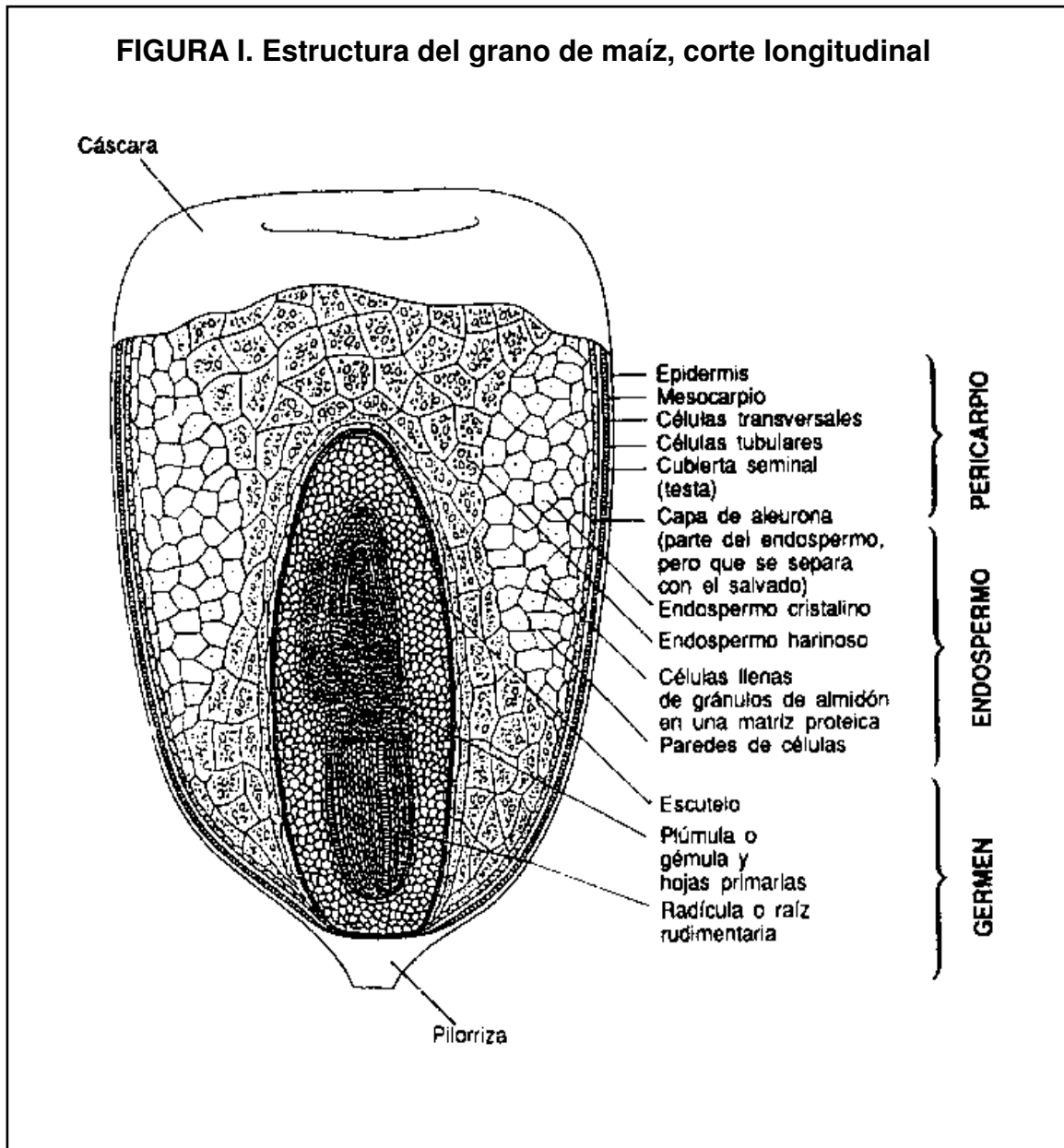
2.3. ESTRUCTURA DEL GRANO DE MAÍZ.

El conocimiento de la estructura del grano de maíz es importante ya que localiza los componentes principales de éste, además de dar un mejor uso de cada sección de acuerdo a su composición nutrimental y sus características físicas.

El grano de maíz se denomina en botánica cariósipide o cariopsis; cada grano contiene el revestimiento de la semilla, o cubierta seminal, y la semilla (3). El grano de maíz maduro está compuesto por tres partes principales: el pericarpio o capa exterior, el endospermo que representa el 80-84% del peso total del grano, y el germen que se encuentra en el extremo más bajo del grano (8). Estas estructuras se pueden apreciar en la Figura 1.



FIGURA I. Estructura del grano de maíz, corte longitudinal



Fuente: FAO, 1993 (3).



2.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Como se muestra en el Cuadro 1, las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química, lo cual se puede relacionar a la localización que tienen dentro del grano. El pericarpio se caracteriza por un contenido de fibra cruda aproximadamente de 87%, la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa, celulosa y lignina (9). El endospermo, en cambio, contiene un nivel elevado de almidón (87%), aproximadamente 8% de proteínas y un contenido de grasas crudas relativamente bajo (8). Por último, el germen se caracteriza por un elevado contenido de grasas alrededor del 33%, y contiene también un nivel de proteínas próximo al 20% y 10.5% de minerales (8).

CUADRO 1. Composición química proximal de las partes principales del grano de maíz (%)

Componente químico	Pericarpio (%)	Endospermo (%)	Germen (%)	Total % bs*
Proteínas	3.7	8.0	18.4	9.91
Extracto etéreo	1.0	0.8	33.2	4.78
Fibra cruda	86.7	2.7	8.8	2.66
Cenizas	0.8	0.3	10.5	1.42
Almidón	7.3	87.6	8.3	71.5
Azúcar	0.34	0.62	10.8	2.58

*bs: base seca

Fuente: Modificado de Watson, 1987 (8).

En el Cuadro 2 se muestra la composición química de diferentes cereales, que en general es bastante homogénea, siendo el componente más abundante de estos, el almidón. El contenido de proteínas es en general del 9 a 12%. Los lípidos se encuentran aproximadamente en 5% y el contenido de fibra cruda es muy similar entre ellos, siendo el maíz el cereal con mayor contenido de ésta al tener 2.2% (10).

**CUADRO 2. Composición química de los cereales**

(% Peso)	Trigo	Centeno	Maíz	Cebada	Avena	Arroz	Mijo
Agua	13.2	13.7	12.5	11.7	13.0	13.1	12.1
Proteína	11.7	11.6	9.2	10.6	12.6	7.4	10.6
Lípidos	2.2	1.7	3.8	2.1	5.7	2.4	4.1
Almidón	59.2	52.4	62.6	52.2	40.1	70.4	64.4
Otros HCO*	10.1	16.6	8.4	19.6	22.8	5.0	6.3
Fibra cruda	2.0	2.1	2.2	1.6	1.6	0.7	1.1
Minerales	1.5	1.9	1.3	2.3	2.9	1.2	1.6

*HCO: Hidratos de Carbono

Fuente: Astiasarán, *et al*, 1999 (10).

2.4.1. Almidón

El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, al que corresponde del 72 a 73% del peso del grano. El 1 al 3% esta representado por otros hidratos de carbono, entre los cuales son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa (10). El contenido de almidón del maíz procesado no presenta diferencias significativas, ya que de acuerdo a un estudio realizado en el Instituto Politécnico Nacional y el Instituto tecnológico de Acapulco sobre "Caracterización química, fisicoquímica y de biodisponibilidad del almidón en harinas de maíz criollo". se reportaron datos donde el contenido de almidón total estuvo en un rango entre 63.1 a 71%. Esto es importante ya que al aumentar o disminuir el contenido de almidón las propiedades funcionales de los productos hechos a partir de maíz cambian (11).

2.4.2. Proteínas

Después del almidón, las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano por orden de importancia. En las variedades comunes de maíz, el contenido de proteínas puede oscilar entre el 8 y el 12% del peso del grano, y la mayor parte se encuentran en el germen.



La calidad nutritiva del maíz como alimento viene determinada por la composición de aminoácidos de sus proteínas (12). Sin embargo el maíz común, presenta importantes carencias de lisina y triptófano, los cuales son aminoácidos esenciales para el hombre (13).

2.4.3. Fibra dietaria

Después de los hidratos de carbono, proteínas y grasas, la fibra dietaria es el componente químico del maíz que se encuentra en mayor cantidad. Los hidratos de carbono complejos como la fibra, se encuentran en el pericarpio, aunque también en las paredes celulares del endospermo y, en menor medida, en las del germen. Los valores de fibra dietaria dependen del método de análisis y también de la eficiencia de remoción de la cáscara del maíz durante su procesamiento (14), sin embargo en general se presentan valores entre 12 y 14% (3).

2.4.4. Otros nutrimentos

Además de los nutrimentos principales, encontramos ácidos grasos, vitaminas y minerales que también son importantes en la composición del maíz.

El aceite del maíz se encuentra fundamentalmente en el germen con valores que van del 1 al 3% y principalmente tiene ácidos grasos poliinsaturados como el linoleico (8).

Las cenizas en general están constituidas por fósforo (0.43%), potasio (0.40%), magnesio (0.16%) sodio (0.14%) y otros minerales 0.27% (8).

Entre las vitaminas liposolubles más importantes, encontramos la vitamina A encontrándose en el endospermo y la vitamina E que se localiza en el germen (15). Las vitaminas hidrosolubles se encuentran en la capa de la aleurona lo que contribuye a que en el procesamiento industrial haya pérdidas considerables (16).



La cantidad de vitamina A varía con los carotenos que dan la coloración amarilla del grano, a tal grado que el maíz de granos blancos prácticamente carece de vitamina A (8).

2.5. IMPORTANCIA NUTRIMENTAL

Los granos de maíz común son fuente alimentaria para humanos y animales domésticos debido a que contienen una gran proporción de hidratos de carbono, lo cual representa una buena fuente de energía en comparación con otros cereales (17). En algunos estudios realizados en maíces criollos, se encontró un contenido de proteína entre el 10.3 al 12.6%, lo que comparado con otros cereales es un contenido bajo de proteínas tanto en proporción como en calidad debido a las carencias de aminoácidos esenciales como lisina y triptófano (11). Sin embargo se han desarrollado variedades especializadas para elevar la calidad proteica como el maíz de alta calidad proteica (MCP) (17). En comparación con otros cereales como el arroz y el trigo; el maíz es más rico en grasa, hierro y contenido de fibra (1).

2.6. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

2.6.1. Análisis químico proximal

El análisis químico de los alimentos comprende métodos de análisis básicos que permiten identificar la cantidad de nutrimentos que componen a un alimento, como son humedad, cenizas, proteína y grasa. La práctica de estos métodos varía según el alimento a analizar (18). De forma general se utilizan las técnicas oficiales de la AOAC, (Asociation of Oficial Analytical Chemists) (19).

2.6.1.1. Humedad

Existen varios métodos para determinar el contenido de humedad en alimentos, sin embargo la mayoría de los métodos por secado dan resultados óptimos si se sigue con cuidado la metodología.



Estos métodos incluyen la determinación de la pérdida de peso debida a la evaporación de agua en el punto de ebullición o temperaturas cercanas a él. El método se basa en una determinación gravimétrica en la que se determina la diferencia de pesos obtenidos en una muestra antes y después de secarla a una temperatura constante. (18).

2.6.1.2. Cenizas

La ceniza de un alimento es el residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica. El valor de cenizas se puede considerar como un criterio útil para la identificación de la autenticidad de un alimento ya que se puede detectar la presencia de adulterantes. Su determinación consiste en llevar la muestra a una carbonización para después realizar la incineración en una mufla. El total de cenizas se obtiene por diferencia de pesos (18).

2.6.1.3. Proteína

En la actualidad, existen varios métodos para la determinación de proteína, todos ellos basados en alguna de sus propiedades típicas, como pueden ser los patrones de absorción de las radiaciones electromagnéticas de los grupos aromáticos, la reactividad del enlace peptídico, su contenido de nitrógeno, entre otras. Uno de estos métodos es la determinación por colorimetría de Biuret el cual consiste en la formación de color púrpura-violeta con sales de cobre en soluciones alcalinas; el método Lowry se basa en la determinación espectrofotométrica que mide la formación del color debido a la reducción del reactivo de fosfomolibdeno-volframato por aminoácidos como tirosina y triptofano presentes en las proteínas y el método Dumas realiza una medición de nitrógeno desprendido después de una combustión (20). Sin embargo el método Kjeldahl aún sigue siendo la técnica más confiable. Este método se basa en una digestión de la muestra para reducir el nitrógeno orgánico hasta amoniaco, el cual debe ser alcalinizado, destilado y finalmente titulado obteniendo el porcentaje de nitrógeno (18).



Esta determinación no incluye el nitrógeno inorgánico como nitratos y nitritos. El contenido de nitrógeno no proteínico es alto en ciertos alimentos como el pescado, frutas y verduras. Los factores de conversión de nitrógeno a proteína cruda se basan en el contenido promedio de nitrógeno de las proteínas encontradas en alimentos particulares, los cuales son recomendados por la FAO/OMS. En el caso del maíz, este factor debe ser 6.25 (18).

2.6.1.4. Grasa

El contenido de grasa, también llamado extracto etéreo, puede estar formado por lípidos “enlazados” y lípidos “libres”; estos últimos básicamente consisten en grasas neutras (triglicéridos) y ácidos grasos libres los cuales pueden ser extraídos por disolventes como éter etílico o fracciones ligeras del petróleo, en cambio, los lípidos “enlazados” requieren de una hidrólisis con disolventes más polares para su extracción. El contenido de lípidos libres en los alimentos se determina sin mayor problema por extracción del material seco y molido con éter dietílico en un aparato de extracción continua. Existen dos tipos principales de extracción directa con disolventes, el tipo Bolton o Bailey- Walter con extracción continua y tipo Soxhelt, el cuál proporciona una extracción intermitente (18).

2.6.2 Determinación de fibra dietaria

La fibra dietaria se puede considerar esencialmente como polisacáridos y lignina resistentes a la hidrólisis por las enzimas digestivas del hombre. El contenido de la fibra dietaria total del alimento se determina usando una combinación de métodos enzimáticos y gravimétricos. Las muestras secas son tratadas con una alfa amilasa y posteriormente se digieren enzimáticamente con una proteasa y una amiloglucosidasa con el objeto de remover la proteína y el almidón presentes en la muestra. Posteriormente se añade etanol para precipitar la fibra dietaria soluble (19).



La Asociación Norteamericana de Químicos de Cereales adoptó el análisis de fibra dietaria mediante una digestión enzimática y una precipitación con etanol ya que da mejor rendimiento por la mayor recuperación de celulosa, hemicelulosas y lignina. Este método también fue aprobado por la AOAC (Asociation of Official Analytical Chemists) (18).

2.7. IMPORTANCIA DEL MAÍZ EN HIDALGO

El estado de Hidalgo se ubica entre los 19°36' y 21°24' de latitud Norte y los 97°58' y 99°54' de longitud Oeste. Tiene aproximadamente 20 905 km² de superficie, que representan el 1.1 % de la superficie total del país, y aproximadamente 2 500 000 habitantes (21).

Tres cadenas de montañas conforman la región serrana y atraviesan el territorio hidalguense por el centro con dirección sureste-noroeste y cuenta con tres ríos principales, el río Amajac, Río Metztitlán y el Río Tula (22).

2.7.1. Actividades económicas

Las características mencionadas anteriormente, propician que la ocupación en Hidalgo sea preferentemente agropecuaria; ya que el 61.3% de la población económicamente activa total se dedica a estas actividades.

El 76% del valor de la producción agrícola de Hidalgo proviene de siete cultivos principales: maíz, alfalfa, frutas, agave, café, jitomate y trigo, que ocupan el 72% de la superficie cultivada (22).

2.7.2. Producción de maíz

A nivel nacional la producción de maíz es aproximadamente de 20,700 millones de toneladas (23) y la producción destinada para su comercialización se ha incrementado en los últimos 5 años hasta un 140% (24).



Los principales productores de maíz son Sinaloa, Veracruz, Michoacán, Guerrero, Chiapas, México, Oaxaca, Puebla, Guanajuato e Hidalgo, con un promedio de entre 600 mil toneladas y 2 millones de toneladas de maíz al año (25). Anexo 1.

En el Estado de Hidalgo se produce anualmente 607 912 toneladas y los principales municipios productores de maíz son Ajacuba, Alfajayucan, Apan, Chilcuatla, Francisco I. Madero, Huautla, Huejutla de Reyes, Huichapan, Ixmiquilpan, Metztitlan, Mixquiahuala de Juárez, Progreso de Obregón, San Felipe Orizatlan, San Salvador, Tasquillo, Tecozautla, Tepeji del Río de Ocampo, Tezontepec de Aldama y Tula de Allende, con una producción entre 11 mil y 28 mil toneladas anuales (26).

En el Estado de Hidalgo los cultivos anuales o de ciclo corto más importantes, en cuanto a superficie sembrada se refiere, son: maíz, frijol, cebada, trigo y avena forrajera (27). Anexo 2.

En el sureste del Estado se producen 41,500 toneladas de maíz anuales siendo Acatlán y Acaxochitlan los mayores productores de esta zona con un promedio entre 8 y 9 mil toneladas anuales (28).

Las estadísticas de siembra, cosecha y producción de estos diferentes cereales nos indican que el maíz es el cultivo más importante en Hidalgo, tanto por la superficie sembrada y cosechada, como por el número de unidades de producción rurales que lo siembran (29).

Mundialmente, el maíz se cultiva en más de 140 millones de hectáreas con una producción anual aproximadamente de 706,000 millones de toneladas de las cuales 184,000 millones de toneladas son utilizadas para consumo doméstico, lo que representa un 13.8% de incremento en su producción al compararlo con el ciclo anterior. Los principales productores son Estados Unidos, China, Europa, Brasil y México (30).



2.7.3. Usos del maíz

En las encuestas realizadas en las comunidades al momento de la recolección de las muestras para este estudio, se logró obtener información local del uso que le dan al maíz, utilizándose principalmente para consumo propio de la población en forma de tortillas y para consumo animal.

A nivel nacional no se encontró información científica que respalde el uso de maíz criollo, sin embargo en otros países como China, se están desarrollando esfuerzos para potenciar el uso de estos maíces en productos congelados y enlatados, o se explora su uso como alimentos funcionales y como fuente de pigmentos naturales (24).

2.8. ANTECEDENTES

Se ha determinado que los maíces criollos poseen características sensoriales más atractivas que los maíces de variedades mejoradas debido a su dulzor y mejor textura. Sin embargo, no se han realizado muchos estudios sobre las características sensoriales, de calidad y de composición de los maíces criollos (24).

El estudio más reciente encontrado fue realizado en conjunto por la Universidad Autónoma de Hidalgo, el Instituto Politécnico Nacional y la Universidad Autónoma de Querétaro por Guemes *et al*, 2003, sobre Caracterización Física, Química y Estructural de 4 variedades de Maíces Criollos producidos en el Valle de Tulancingo Hidalgo, en el cuál establecieron cambios en la composición y estructura de acuerdo a su grado de madurez, para lo cuál se realizó un análisis químico proximal, en el cuál se encontró que las variedades de maíz blanco obtuvieron mayor contenido de proteína con 9.3%, así como de cenizas con 1.09%. Los maíces amarillos obtuvieron los valores más bajos en cuanto a proteína con 6.9%, y los maíces rojos un bajo contenido de cenizas con 0.85% (24).



Otro estudio fue realizado en el Instituto Politécnico Nacional con 20 híbridos y variedades de maíz cultivadas en México, estudiando su composición química, reportando datos muy similares a los anteriores ya que en promedio se encontró un 8.5 - 11.4% de humedad, entre 4.0 - 7.0% de grasa, aproximadamente 8.3 - 11.3% de proteína, un porcentaje de ceniza entre 1.1 y 1.7% y un valor promedio de 7.1 - 13.1% para fibra dietaria (31).

En un análisis realizado en maíces poliembriónicos en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro en Saltillo, México, se hicieron determinaciones de proteína y grasa. Los resultados de proteína se compararon con, un maíz MCP (Maíz de Calidad Proteica) proveniente del CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) y una variedad criolla del municipio de Saltillo y para grasa se compararon con un maíz tuxpeño proveniente del CIMMYT, otro con alto contenido de aceite y un tercero de variedad criolla del sureste de Saltillo.

Los niveles de proteína se encontraron en promedio de 9.3 a 11.7% y el porcentaje de grasa está entre un 4.4 y 8.9%, observando que algunas de sus muestras presentaron niveles elevados de grasa al compararlos con los testigos de maíz criollo (17).

En México, existen instituciones como el CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) y el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agrícolas y Pecuarias) las cuáles están interesadas en el estudio de maíz, desde su composición nutrimental hasta el desarrollo de nuevas especies. Sin embargo, existen pocos estudios encaminados al maíz que se produce de manera local y que es de gran importancia en la alimentación de los productores y sus familias ya que es su principal fuente de este cereal.



3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los reportes sobre la composición química del maíz presentados por diferentes instituciones, son referidos al maíz en general y no especifican ninguna variedad ni raza. Instituciones como la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agrícolas y Pecuarias), o el CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo), cuentan con información limitada sobre la caracterización y la composición química de las variedades criollas de maíz en Hidalgo, que son variedades locales que aun se siguen consumiendo en las comunidades a pesar de que ya existen razas que han sido mejoradas, como lo es el maíz de alta calidad proteica (MCP). Esto lo podemos corroborar con estudios reportados por la FAO donde reportan que el 60% de la superficie sembrada de maíz en países en desarrollo es utilizada para las variedades locales (32).

A pesar de que existen variedades de maíz de muy alto valor nutrimental que han sido modificadas genéticamente o logradas por la hibridación, la realidad es que en el sureste del Estado de Hidalgo se cultivan aún diferentes variedades locales conocidas como maíces criollos. Aunque en la actualidad se cuenta con poca información sobre la producción de estas variedades, se sabe que la mayor parte del maíz cultivado en el sureste del Estado es criollo, del cuál no existe información sobre la caracterización química y nutrimental, la composición química y fibra dietaria o de la calidad nutrimental, por lo que se consideró necesario estudiar la composición química proximal de estos maíces de manera que nos permita complementar la información con la que actualmente se cuenta para poder obtener así la potencialización y un mejor aprovechamiento de dicho maíz.



4. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de las variedades de maíz criollo en las comunidades del Estado de Hidalgo es subutilizado y según la información recopilada durante la recolección de las muestras de maíz para este estudio (Cuadro 3), se reportó que se utiliza principalmente en la elaboración de tortillas de manera artesanal, para autoconsumo, así como para venta en la misma comunidad y como alimento animal. Para poder potenciar su uso es necesaria la caracterización de estas variedades, contar con información nutrimental y de sus características fisicoquímicas como la cantidad de endospermo, la dureza del grano, el índice de flotación y la entalpía de gelatinización, éstas últimas se están analizando en estudios colaterales, de tal manera que se le pueda dar un mejor uso a estas variedades e incrementen su valor monetario, lo que beneficiaría directamente a los productores y sus familias.

Se sabe que existen diferentes tipos de maíz y que de acuerdo a sus propiedades físicas, estructurales y de composición química es el uso que se le da, aprovechando al máximo sus características. En el caso del maíz criollo cultivado en el sureste del Estado, se desconocen estas cualidades y como consecuencia los beneficios que puede tener para los consumidores y su aprovechamiento industrial. Es por eso que resulta de gran importancia estudiar dicho maíz de manera que se pueda complementar la información existente y sugerir formas de industrializar sus variedades aprovechando al máximo sus propiedades nutrimentales así como otras propiedades fisicoquímicas. Lo anterior con la finalidad de formar parte del proyecto “Potencial de industrialización de las variedades criollas de maíz cultivadas en el sureste del estado de Hidalgo”, que fue realizado con recursos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).



5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la composición química proximal de 43 variedades de maíz criollo producido en 7 municipios pertenecientes al sureste del Estado de Hidalgo.

5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1- Realizar el análisis químico proximal (humedad, cenizas, proteína y extracto etéreo) de 43 variedades de maíz criollo.
- 2- Analizar el contenido de fibra dietaria de 10 variedades de maíz criollo.



6. DISEÑO METODOLOGICO

6.1. MUESTRA DE ESTUDIO

Las muestras de maíz evaluadas en este trabajo fueron colectadas en los siguientes municipios del sureste del Estado de Hidalgo: Acatlán, Agua Blanca, Metepec, Tulancingo de Bravo, Acaxochitlan, Cuautepec de Hinojosa y Santiago Tulantepec (33).

Se recolectaron 43 muestras de diferentes variedades de maíz criollo del campo y de almacenes las cuales aún no han sido caracterizadas. El nombre con el que se conocen estas variedades en la comunidad son los siguientes: maíz Xoxoyul, pinto, chalqueño, azul, amarillo, semilla grande, criollo, blanco, media semilla, y maíz llanero. Dichos nombres se obtuvieron de los datos que proporcionaron los productores de maíz, los cuales se reportan en el Anexo 3, donde además se presenta información importante como la región de la cual se obtuvo el maíz, el tiempo que lo han cultivado, los usos que se le dan y el código que se le otorgó para trabajar con ellos en este estudio, donde la letra “A” representa al maíz amarillo con muestras del 1 al 5, la “B” corresponde al maíz blanco con 25 muestras, la “Az” para el maíz azul con 10 muestras identificándolas con números del 1 al 4 y del 6 al 11; la letra “P” representa al maíz pinto con 2 muestras y “R” para el maíz rojo con 1 muestra.

Todas las variedades fueron analizadas en su composición de humedad, cenizas, nitrógeno total, extracto etéreo y sólo 10 muestras (2 de maíz amarillo, 2 de blanco y 6 de azul) fueron analizadas en fibra dietaria. Debido a que conocemos que la fibra dietaria la localizamos en su mayoría en el pericarpio, al analizar la estructura del grano en estudios colaterales a éste se determinó el porcentaje de endospermo, germen y pericarpio donde se observó que no hay diferencia estadísticamente

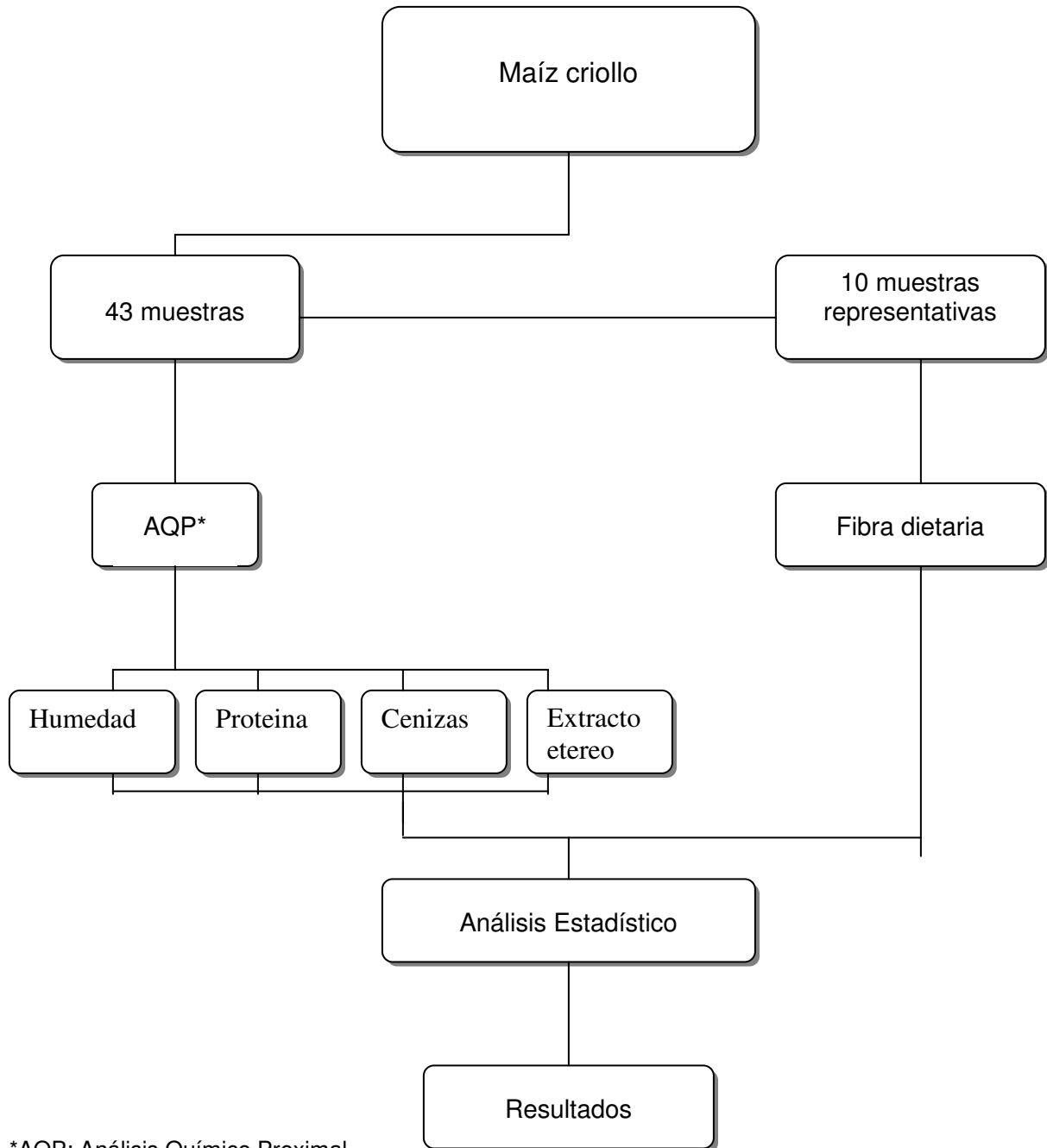


significativa con respecto a la cantidad de pericarpio encontrando un promedio de 5.66% a 10.21% por lo que únicamente se trabajaron muestras que fueran representativas. Se puso especial interés en trabajar con maíces azules, debido a que son importantes en la industria botanera.

Se realizó un diseño experimental, para el cual las muestras fueron previamente molidas y con ellas se trabajó por triplicado en el laboratorio de Biotecnología de Alimentos del Instituto de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, contando con recursos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través del Sistema de Investigación Ignacio Zaragoza (SIZA).



6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL



*AQP: Análisis Químico Proximal



6.3. MÉTODOS

Las técnicas con las que se trabajaron para el análisis químico proximal y fibra dietaria en este estudio son métodos oficiales de la AOAC (Asociation of Official Analytical Chemists). Se reporta el número de metodología de cada técnica (19).

6.3.1 Determinación de humedad

La determinación se realizó por el método de sólidos totales y humedad en harina 925.10 de la AOAC (2002), empleando un horno de secado marca Thelco modelo 70M (Labe Care America Precision) y se basa en una determinación gravimétrica en la que se obtiene la diferencia de pesos de una muestra antes y después de secarla en un horno a una temperatura constante de 130° C durante una hora.

Determinación

En un vidrio de reloj a peso constante, se pesaron 2 g de muestra homogénea y se colocó en el horno evitando el contacto directo con las manos dejando secar durante 1 hora manteniendo la temperatura a 130° C +/- 3° C (El período de secado de 1 hora, comenzó cuando la temperatura del horno se estabilizó en 130° C). Al finalizar se transfirió al desecador, se dejó enfriar durante 30 minutos y se pesó en una balanza analítica (sensibilidad ±0.1 mg) marca Adventurer modelo AR1140 (OHAUS Corp., China) y se calculó el porcentaje de humedad por diferencia de pesos, utilizando la siguiente formula para hacer los cálculos.



Cálculos

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(B - A) - (C - A)}{B - A} \times 100$$

Donde:

A= Peso del vidrio de reloj a peso constante (g)

B= Peso del vidrio de reloj a peso constante con muestra (g)

C= Peso del vidrio de reloj con muestra seca (g)

6.3.2. Determinación de cenizas

Se realizó por el método de incineración, método oficial de la AOAC 923.03, (2002) empleando una mufla Thermolyne F1500 modelo FD1535M (Barnstead Thermolyne, USA). Su principio se basa en una determinación gravimétrica en la que se saca la diferencia del peso inicial de la muestra menos el peso que se obtiene al final después de realizar una carbonización y un incinerado. Para su determinación se siguieron los siguientes pasos:

Preparación de la muestra

Se colocaron los crisoles de porcelana en un horno y se llevaron a peso constante a 130° C durante una hora. Se dejó enfriar durante media hora en el desecador y se tomó el peso en una balanza analítica. En un vidrio de reloj se colocaron 6 g de muestra a peso constante durante 1 hora a 130° C, se dejó enfriar durante media hora en el desecador y se tomó el peso en una balanza analítica. Una vez secos los crisoles y la muestra, se manipularon con pinzas para evitar la contaminación.



Determinación

En un crisol de porcelana a peso constante se pesaron 5 g de muestra y se realizó una carbonización con mechero bunsen y pinzas para crisol en el interior de una campana de extracción de humos, para después llevar a incineración en la mufla a 525° C durante 5 horas. Al término de este tiempo se disminuyó la temperatura a 200° C y se pasaron las muestras a un desecador para dejar enfriar durante una hora, se pesó en una balanza analítica obteniendo el porcentaje de cenizas por diferencia de pesos.

Cálculos

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{(A - B)}{C} \times 100$$

Donde:

A= Peso de crisol a peso constante con muestra seca (g)

B= Peso de crisol con ceniza (g)

C= Peso de la muestra seca (g)

6.3.3. Determinación de nitrógeno total

Determinación de nitrógeno total por el método Kjeldahl, utilizando el factor de 6.25 para obtener el porcentaje de proteína. Método oficial de la AOAC 991.20 (2002), adaptado al equipo de digestión, destilación y neutralización marca Gerhardt modelo Vapodest 50, (GMBH & Co., Alemania).

Su principio es en general el procedimiento de referencia de Kjeldahl que determina la materia nitrogenada total, y basándose en la digestión de la muestra en ácido sulfúrico para reducir el nitrógeno orgánico hasta amoníaco, el cual queda en forma de sulfato de amonio.



Concluida la digestión se alcaliniza y se destila directamente o por arrastre con vapor para desprender el amoniaco, el cual es atrapado en una solución ácida y titulado automáticamente por el equipo (18).

Preparación de la muestra

Se pesó aproximadamente 1 g de muestra y se llevó a peso constante colocándola 1 hora a 130° C en un horno de secado. Una vez transcurrida la hora se retiró del horno y se dejó enfriar durante media hora en un desecador, se tomó el peso en una balanza analítica y se colocó en el tubo de digestión junto con una tableta catalizadora marca Kjeltabs CX, (Gerhardt) (Compuesta de 5 g de sulfato de potasio, 0.5 g de sulfato de cobre), la cual se manipuló con pinzas evitando contaminarla con las manos. Se adicionaron 5 mL de agua destilada y 15 mL de ácido sulfúrico (98%, libre de nitrógeno). Se colocaron en los tubos cinco perlas de ebullición talla 10 y se precalentó el digestor a 230° C. Un blanco fue trabajado junto con todo el proceso.

Determinación

a) Digestión: Una vez que el digestor alcanzó la temperatura de 230° C, se colocaron los tubos de digestión y se conectaron al sistema de neutralización, verificando que los gases formados fueran neutralizados con la solución de NaOH al 10%, para lo cual se encendió el equipo de neutralización. Se mantiene a la misma temperatura durante 30 minutos. Una vez transcurrido este tiempo se elevó la temperatura a 260° C y se dejó por 5 minutos, verificando que no hubiera formación excesiva de espuma para posteriormente incrementar la temperatura hasta 300° C durante 5 minutos y después llevar a 400° C por 20 minutos. Al observar un tono verde esmeralda en el fondo de los tubos, se aumentó la temperatura a 405° C durante 30 minutos. Una vez terminada la digestión, se retiraron los tubos de digestión y se dejaron enfriar a temperatura ambiente sin desconectar del sistema de neutralización debido a que la liberación de gases aún es elevada.



b) Destilación: Una vez enfriados los tubos, se colocaron en el destilador automático, el cual es programado para realizar la destilación de amoníaco adicionando automáticamente H_3BO_3 al 3% (pH= 4.6 – 4.7) y la titulación con HCl 0.1 N. Posteriormente se registró el porcentaje de nitrógeno obtenido por el propio equipo.

Cálculos

$$\% \text{ de Nitrógeno} = \frac{(mL \text{ de HCL}) \times (Normalidad \text{ de HCl}) \times 0.014}{Peso \text{ de la muestra (g)}}$$

$$\% \text{ de proteína} = \% \text{ de Nitrógeno} \times 6.25$$

Esta determinación no incluye el nitrógeno inorgánico y existen factores establecidos por la FAO/OMS para la conversión de nitrógeno a proteína cruda, que en el caso del maíz es 6.25 (18).

6.3.4 Determinación de extracto etéreo

La determinación se realizó por la técnica de extracción de Soxhlet. Método oficial de la AOAC 920.35 (2002) adaptado al equipo de sistema de extracción BÜCHI modelo B- 811, (BÜCH labortechnik AG, Suiza). Su principio se basa en la extracción directa con un solvente, donde el mejor agente es el éter de petróleo, finalmente se somete a secado en horno durante 30 minutos, para determinar la grasa total extraída (31).



Preparación de la muestra

En un vidrio de reloj se colocaron 6 g de muestra a peso constante durante 1 hora a 130° C, en un horno para secado. Se dejó enfriar en el desecador durante media hora y se tomó el peso en una balanza analítica. Para esta técnica se utilizaron dedales de extracción para soxhlet marca whatman (dimensiones 80 x 22 mm) los cuáles se llevaron a un horno para secado durante 1 hora a 130° C, se dejaron enfriar por media hora en el desecador y se registró su peso en la balanza analítica. Se utilizó un blanco durante todo el procedimiento.

Determinación

Se pesaron 5 g de muestra a peso constante y se colocaron en los dedales de extracción a peso constante. Se vertieron 120 mL de éter de petróleo en los reservorios de solvente y se sometió a dos horas de arrastre por solvente. Se programó en el equipo una sesión de lavado y otra de secado con duración de 10 minutos cada una, según especificaciones del fabricante. Se secaron los cartuchos a 130° C a peso constante durante 1 hora en un horno para secado, dejando enfriar en el desecador por un lapso de 30 minutos a temperatura ambiente y se registró el peso en una balanza analítica.

Cálculos

$$\% \text{ Extracto Etereo} = \frac{C - (B - A)}{C} \times 100$$

Donde:

A= Peso del dedal limpio y seco (g)

B= Peso del dedal con muestra desgrasada (g)

C= Peso de la muestra (g)



6.3.5. Determinación de fibra dietaria

Determinación por el método gravimétrico – enzimático, Método oficial de la AOAC 991.43 (2000). El principio para fibra dietaria total, consiste en realizar una digestión enzimática la cual posteriormente se trata con alcohol para precipitar la fibra dietaria soluble antes de realizar una filtración. El residuo es lavado con alcohol y acetona, secado y pesado. Un duplicado es analizado para proteína y otro incinerado para determinar las cenizas. Por triplicado se trabajó la muestra de maíz seco y desgrasado.

Preparación de la muestra

En un vidrio de reloj con tapa se colocaron 5 g. de muestra a peso constante durante 1 hora a 130° C en un horno para secado, se dejó enfriar en el desecador durante media hora y se tomó el peso en una balanza analítica.

Determinación

Se corrió un blanco durante todo el proceso el cual fue sometido a los mismos procedimientos que el resto de las muestras con la finalidad de medir cualquier contribución por residuos o por reactivos. Se pesó por duplicado 1 g de muestra (± 0.1 mg) (M1 y M2) en frascos de 400 a 600 mL, agregando a cada frasco 40 mL de buffer TRIS-MES 0.05 M pH 8.2 (Sigma, 9.76 g de MES y 6.10 g de TRIS en 1 L de agua destilada ajustando el pH con NaOH 6 M) y 50 μ L de solución de α -amilasa (Sigma A4551) (0.0157 g en 1 mL de Buffer TRIS- MES).

Se cubrieron los frascos con papel aluminio y se colocaron en la cámara para incubación (Velp Scientifica, Europa) a 95 - 100° C durante 15 minutos a partir de que la temperatura interna de los frascos fue de 95° C, manteniéndose con agitación continua.



Se disminuyó la temperatura del baño para enfriar los frascos a 60° C y se agregaron 100 µL de proteasa (Sigma P5147) (0.1 g en 1 mL de Buffer TRIS- MES) y se taparon nuevamente para incubar durante 30 minutos a 60° C con agitación continua. Al terminar se agregaron 5 mL de solución de HCl 0.561 M y se ajustó el pH a 4.0 - 4.7 al agregar NaOH 1 M o HCl 1 M manteniendo la temperatura a 60° C.

Una vez ajustado el pH se agregaron 300 µL de solución de amiloglucosidasa (Sigma A7255) (0.3566 g en 1 mL de Buffer TRIS- MES) a cada frasco, y se cubrieron con papel de aluminio incubando durante 30 minutos a 60° C con agitación continua.

Al terminar se agregaron 225 mL de etanol al 95% (MENA), mientras la temperatura de los frascos se conservó a 60° C y finalmente se retiraron del baño de agua, para dejar precipitar durante 1 hora cubriendo perfectamente los frascos. Se colocaron los filtros (whatman, 110 mm de diámetro) a peso constante en los embudos buchner y se agregó celita (tierra diacetomacea, J.T. Baker) humedeciéndola con 15 mL de etanol al 78% y se transfirió cuantitativamente el precipitado de la enzima digestiva a cada papel filtro. Se lavó la muestra con 2 porciones de 15 mL cada una de etanol al 78% (MENA), etanol al 95% (MENA) y acetona grado reactivo (Meyer) y se colocaron los filtros conteniendo la muestra en el horno para secar a 110° C durante toda la noche, se sacaron al día siguiente, dejando enfriar en un desecador durante una hora y se registró el peso en la balanza analítica. Se calculó el peso del residuo restando el peso del embudo seco y el peso del embudo con celita. Se analizó el residuo de uno de los duplicados para proteína y el segundo residuo para cenizas de acuerdo a la metodología antes mencionada.



Cálculos

Determinación del blanco

$$\text{Blanco (mg)} = \left[\frac{BR1 + BR2}{2} \right] - Pb - Ab$$

Donde:

BR1= Peso del residuo del blanco 1 (mg)

BR2= Peso del residuo del blanco 2 (mg)

Pb = Peso de proteína del blanco (mg)

Ab = Peso de ceniza del blanco (mg)

Determinación de Fibra dietaria total

$$\% \text{ Fibra Dietaria} = \frac{[(R1 + R2)/2] - P - A - B}{(M1 + M2)/2} \times 100$$

Donde:

R1= Peso de residuo 1 (mg)

R2= Peso de residuo 2 (mg)

P= Peso de proteína de la muestra (mg)

A= Peso de cenizas de la muestra (mg)

B= Peso del blanco (mg)

M1= Peso inicial de las muestra 1 (mg)

M2= Peso inicial de las muestra 2 (mg)



6.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El tratamiento estadístico de los datos se realizó por medio del análisis de varianza así como una prueba de comparación de medias de Duncan con un nivel de significancia < 0.05 para establecer las diferencias entre las medias. Este análisis se realizó utilizando el programa SPSS V. 13 (SPSS Institute Inc. Cary NC).



7. RESULTADOS

Los promedios obtenidos de los parámetros estudiados humedad, cenizas, proteína, grasa y fibra dietaria para cada variedad se encuentran representados en el Cuadro 3 y se presentan desglosados los resultados obtenidos en la composición química proximal y fibra dietaria para las 43 muestras en el Anexo 4.

Cuadro 3. Promedio de la composición química proximal y fibra dietaria de las variedades criollas de maíz (%)

Variedad	Humedad	Ceniza	Proteína	Extracto etéreo	Fibra dietaria
Amarillos	8.91 ^{ab} ±1.02	1.46 ^a ±0.06	10.25 ^a ±1.32	6.04 ^b ±0.75	15.72 ^a ±1.56
Blancos	8.27 ^a ±0.72	1.40 ^a ±0.23	10.09 ^a ±0.84	4.71 ^a ±1.23	18.37 ^b ±1.60
Azules	9.02 ^{bc} ±0.58	1.52 ^a ±0.11	9.73 ^a ±0.72	5.35 ^{ab} ±0.94	13.95 ^a ±2.73
Pintos	9.60 ^{bc} ±0.23	1.47 ^a ±0.09	10.20 ^a ±0.22	5.38 ^{ab} ±0.15	--
Rojos	9.69 ^c ±0.16	1.53 ^a ±0.06	11.27 ^b ±0.44	6.18 ^b ±0.44	--

* Letras distintas indican que las medias son significativamente diferentes ($p < 0.05$), de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Duncan.

Para el análisis de fibra dietaria no se incluyeron las variedades de maíz rojo y pinto debido a que únicamente se trabajaron con muestras representativas en relación a la cantidad de pericarpio presentado en estudios colaterales.



7.1. Humedad

El Cuadro 3 presenta los promedios encontrados en la determinación de humedad para las distintas variedades de maíz criollo y en general se encontró un promedio de $8.61\% \pm 0.81$. Las variedades de maíz rojo presentan mayor humedad con un valor de $9.69\% \pm 0.16$ y el menor valor lo presentó la variedad de maíz blanco ($8.27\% \pm 0.72$). En el grafico 1, podemos observar estas diferencias.

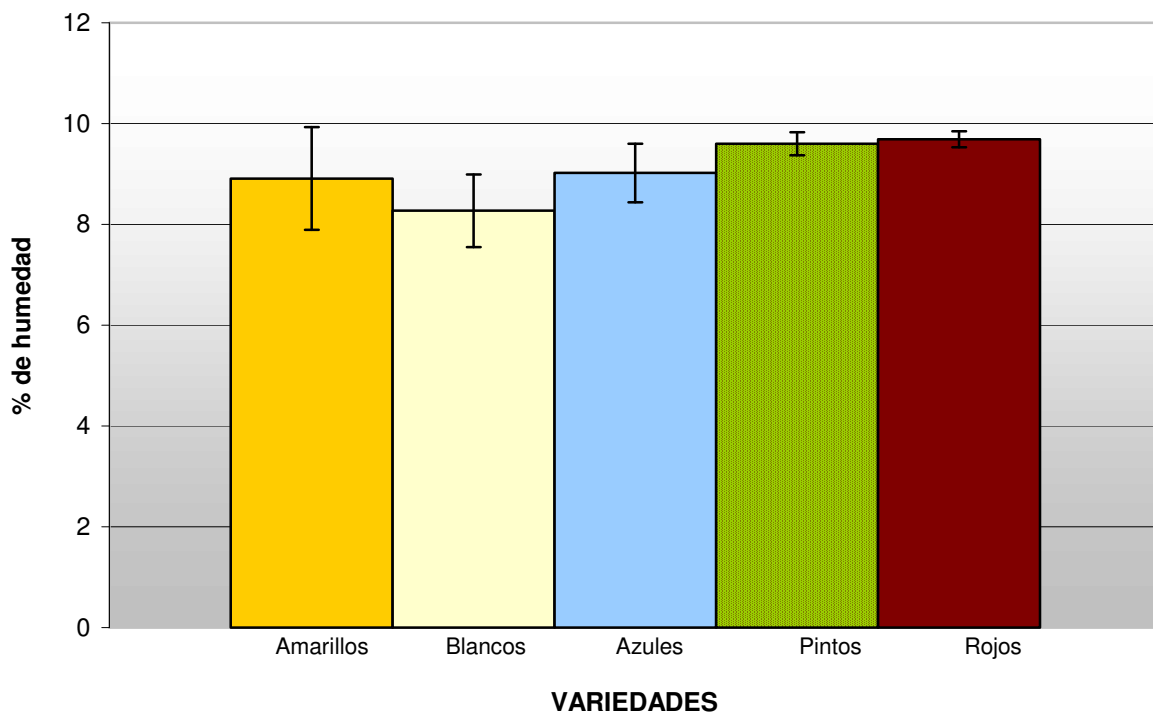
En el grafico 2 donde se presentan las 43 muestras, podemos corroborar que las variedades de maíz azul, pinto y rojo presentaron porcentajes altos de humedad y las variedades de maíz blanco obtuvieron valores bajos, en cambio los amarillos tuvieron tendencia a mantenerse en el promedio, e incluso algunas muestras de esta variedad se ubican en los valores altos. Las muestras B24 y A3 se encontraron con el mayor porcentaje de humedad, con un valor aproximado del 10% y ésta última muestra presentó diferencia estadísticamente significativa.

En el análisis estadístico realizado para cada una de las variedades se encontraron también diferencias significativas. El Cuadro 4 presenta el análisis estadístico para las muestras de la variedad amarilla donde se presentaron diferencias en la muestra A3 con respecto a todas las variedades del maíz amarillo. Al comparar los porcentajes de humedad entre las muestras de la variedad de maíz blanco se observó que presentaron diferencias entre ellas las cuales se pueden observar en el Cuadro 5. Las muestras B25, B22 y B23 presentan porcentajes similares de humedad con un promedio de $6.93\% \pm 0.27$.a $7.03\% \pm 0.30$.



Esta misma comparación se realizó con los maíces azules la cual se presenta en el Cuadro 6, donde se observa una diferencia significativa en las muestras Az1 y Az7. En el caso de los maíces pintos y rojos no hay diferencias significativas ($p < 0.05$) entre sus muestras, lo cual se puede observar en el Cuadro 7.

Grafico 1. Promedio de humedad de las variedades de maíz





Cuadro 4. Comparación de la composición química proximal de las muestras de la variedad criolla de maíz amarillo

Muestra	Humedad	Muestra	Cenizas	Muestra	Proteína	Muestra	Extracto etéreo
A2	8.20 ±0.21 ^a	A1	1.40 ±0.01 ^a	A3	9.03 ±0.13 ^a	A5	5.20 ±0.30 ^a
A1	8.20 ±0.18 ^a	A2	1.41 ±0.04 ^a	A5	9.16 ±0.05 ^a	A2	5.50 ±0.64 ^{ab}
A4	8.65 ±0.19 ^{ab}	A4	1.50 ±0.10 ^a	A4	93.84 ±0.16 ^b	A4	6.08 ±0.17 ^b
A5	8.81 ±0.44 ^b	A5	1.50 ±0.10 ^a	A2	11.22 ±0.43 ^c	A3	6.27 ±0.24 ^b
A3	10.67 ±0.27 ^c	A3	1.54 ±0.09 ^a	A1	12.02 ±0.38 ^d	A1	7.12 ±0.68 ^c

*Letras distintas indican que las medias son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$), de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Duncan.

Cuadro 5. Comparación de la composición química proximal de las muestras de la variedad criolla de maíz blanco

Muestra	Humedad	Muestra	Ceniza	Muestra	Proteína	Muestra	Extracto etéreo
B25	6.93 ±0.27 ^a	B8	0.85 ±0.06 ^a	B11	8.21 ±0.03 ^a	B17	1.91 ±0.28 ^a
B22	6.93 ±0.18 ^a	B10	0.93 ±0.14 ^a	B18	8.28 ±0.04 ^a	B18	3.17 ±0.05 ^b
B23	7.03 ±0.30 ^a	B7	0.94 ±0.06 ^a	B10	8.98 ±0.22 ^b	B13	3.20 ±0.05 ^b
B8	7.34 ±0.50 ^{ab}	B13	1.05 ±0.10 ^b	B8	9.06 ±0.17 ^b	B23	3.65 ±0.25 ^{bc}
B20	7.66 ±0.05 ^{bc}	B18	1.23 ±0.04 ^c	B13	9.14 ±0.31 ^b	B22	3.68 ±0.19 ^{bc}
B16	7.71 ±0.63 ^{bcd}	B14	1.31 ±0.07 ^{cd}	B19	9.57 ±0.08 ^{bc}	B21	3.79 ±0.66 ^{bc}
B2	8.03 ±0.26 ^{cde}	B17	1.36 ±0.13 ^{cde}	B20	9.58 ±0.67 ^{bcd}	B15	3.97 ±0.10 ^c
B7	8.13 ±0.34 ^{de}	B9	1.39 ±0.01 ^{cdef}	B21	9.76 ±0.24 ^{bcd}	B14	4.00 ±0.38 ^c
B1	8.19 ±0.14 ^{ef}	B5	1.40 ±0.06 ^{cdef}	B23	9.94 ±0.90 ^{cdef}	B8	4.01 ±0.30 ^{cd}
B21	8.32 ±0.13 ^{efg}	B22	1.40 ±0.09 ^{cdef}	B5	10.21 ±0.16 ^{cdef}	B19	4.28 ±0.16 ^{cde}
B3	8.33 ±0.20 ^{efg}	B20	1.41 ±0.15 ^{defg}	B22	10.29 ±1.0 ^{cdef}	B7	4.30 ±0.17 ^{cde}
B14	8.41 ±0.35 ^{efgh}	B2	1.42 ±0.00 ^{defg}	B3	10.29 ±0.36 ^{cdef}	B25	4.33 ±0.66 ^{cdef}
B15	8.41 ±0.35 ^{efgh}	B1	1.43 ±0.06 ^{defg}	B25	10.30 ±0.39 ^{def}	B10	4.73 ±0.43 ^{defg}
B4	8.41 ±0.05 ^{efgh}	B3	1.44 ±0.05 ^{defg}	B4	10.35 ±0.19 ^{def}	B20	4.89 ±0.50 ^{efgh}
B9	8.42 ±0.16 ^{efgh}	B21	1.45 ±0.04 ^{defg}	B17	10.40 ±0.05 ^{def}	B24	4.99 ±0.35 ^{efgh}
B11	8.43 ±0.32 ^{efgh}	B15	1.48 ±0.25 ^{defgh}	B14	10.45 ±1.02 ^{def}	B9	5.08 ±0.35 ^{fghi}
B10	8.49 ±0.25 ^{efgh}	B6	1.52 ±0.05 ^{efgh}	B12	10.49 ±0.20 ^{def}	B11	5.17 ±0.19 ^{fghi}
B6	8.65 ±0.06 ^{fgh}	B19	1.52 ±0.03 ^{efgh}	B6	10.51 ±0.66 ^{def}	B12	5.37 ±0.15 ^{fghi}
B5	8.66 ±0.17 ^{fgh}	B11	1.52 ±0.07 ^{efgh}	B1	10.56 ±0.17 ^{efg}	B2	5.54 ±0.73 ^{hi}
B18	8.70 ±0.13 ^{fgh}	B25	1.54 ±0.16 ^{fghi}	B15	10.65 ±0.40 ^{fg}	B6	5.62 ±0.64 ^{hi}
B13	8.80 ±0.21 ^{gh}	B4	1.60 ±0.01 ^{fghi}	B7	10.75 ±0.37 ^{fg}	B16	5.70 ±0.23 ⁱ
B19	8.85 ±0.27 ^h	B12	1.63 ±0.02 ^{fghi}	B2	10.80 ±0.15 ^{fg}	B1	5.75 ±0.37 ⁱ
B17	8.89 ±0.07 ^h	B23	1.68 ±0.03 ^{hi}	B9	10.86 ±0.18 ^{fg}	B3	6.63 ±0.34 ^j
B12	8.89 ±0.17 ^h	B24	1.70 ±0.06 ⁱ	B16	11.26 ±0.11 ^g	B4	6.89 ±0.16 ^j
B24	10.17 ±0.15 ⁱ	B16	1.70 ±0.16 ⁱ	B24	11.53 ±0.07 ^g	B5	7.13 ±0.52 ^j

*Letras distintas indican que las medias son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$), de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Duncan.



Cuadro 6. Comparación de la composición química proximal de las muestras de la variedad criolla de maíz azul

Muestra	Humedad	Muestra	Ceniza	Muestra	Proteína	Muestra	Extracto etéreo
Az1	7.33 ±0.02 ^a	Az1	1.38 ±0.05 ^a	Az9	8.85 ±0.23 ^a	Az2	3.57 ±0.42 ^a
Az2	8.66±0.16 ^b	Az4	1.39 ±0.09 ^a	Az7	9.03 ±0.02 ^a	Az1	4.14 ±0.65 ^a
Az9	8.72 ±0.21 ^b	Az7	1.40 ±0.03 ^{ab}	Az8	9.15 ±0.53 ^a	Az6	4.97 ±0.21 ^b
Az11	8.82 ±0.15 ^b	Az8	1.46 ±0.04 ^{abc}	Az2	9.30 ±0.40 ^{ab}	Az3	5.17 ±0.64 ^{bc}
Az8	8.95 ±0.16 ^{bc}	Az2	1.48 ±0.04 ^{bc}	Az3	9.35 ±0.08 ^{ab}	Az11	5.40 ±0.17 ^{bc}
Az10	9.22 ±0.20 ^{cd}	Az6	1.55 ±0.03 ^{cd}	Az6	9.70 ±0.25 ^{bc}	Az11	5.60 ±0.20 ^{bcd}
Az4	9.40 ±0.32 ^d	Az9	1.60 ±0.08 ^{de}	Az4	10.10 ±0.04 ^{cd}	Az7	5.73 ±0.37 ^{cd}
Az6	9.42 ±0.04 ^d	Az11	1.60 ±0.04 ^{de}	Az1	10.24 ±0.16 ^d	Az4	6.16 ±0.23 ^{de}
Az3	9.47 ±0.11 ^{de}	Az10	1.65 ±0.06 ^e	Az10	10.50 ±0.26 ^d	Az8	6.18 ±0.09 ^{de}
Az7	9.80 ±0.38 ^e	Az3	1.68 ±0.01 ^e	Az11	11.50 ±0.07 ^e	Az9	6.61 ±0.29 ^e

*Letras distintas indican que las medias son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$), de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Duncan.

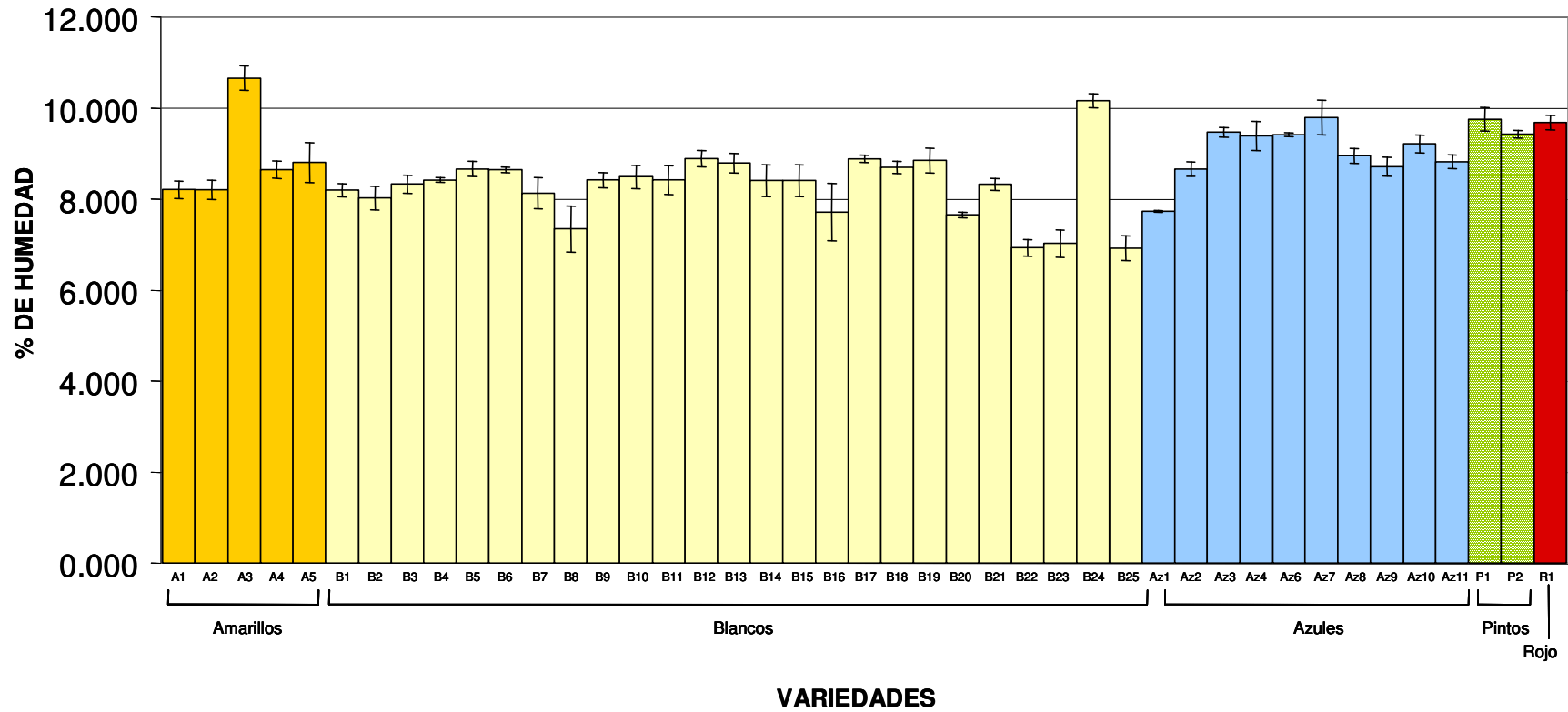
Cuadro 7. Comparación de la composición química proximal de las muestras de la variedad criolla de maíz pinto y rojo

Muestra	Humedad	Muestra	Ceniza	Muestra	Proteína	Muestra	Extracto etéreo
P2	9.43 ±0.08 ^a	P2	1.41±0.01 ^a	P1	10.04 ±0.14 ^a	P2	5.27 ±0.40 ^a
R1	9.70 ±0.26 ^a	R1	1.53 ±0.07 ^b	P2	10.36 ±0.30 ^b	P1	5.48 ±0.45 ^a
P1	9.80 ±0.16 ^a	P1	1.53 ±0.03 ^b	R1	11.27 ±0.01 ^c	R1	6.18 ±0.44 ^a

*Letras distintas indican que las medias son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$), de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Duncan.



Grafico 2. Porcentaje de humedad de 43 variedades de maíz criollo





7.2. Cenizas

Las cenizas se reportan con un valor promedio de $1.44\% \pm 0.20$ de acuerdo a lo observado en el Cuadro 3, siendo las variedades de maíz rojo con $1.53\% \pm 0.06$, las de más alto contenido y nuevamente encontramos las variedades blancas con el menor porcentaje al presentar $1.39\% \pm 0.23$ en promedio, esto también se representa en el Grafico 3.

En el Grafico 4 se representan los porcentajes de cenizas de las 43 muestras de maíz en el que se observa la variedad de maíz rojo dentro de las muestras con mayor contenido de cenizas, de las cuales destaca la muestra B16 de la variedad blanca con $1.71\% \pm 0.163$ siendo la muestra en la que se encontró mayor porcentaje de ceniza. Sin embargo las muestras de maíz blanco presentaron variaciones en sus porcentajes ya que también obtuvieron bajos valores, como las muestras B6, B7 y B10 con menos de 1%. Las muestras de maíz amarillo, azul y pinto se mantuvieron en el promedio general con respecto al resto de las muestras.

Al realizar el análisis estadístico por cada variedad se observó que al comparar el porcentaje de cenizas de las muestras de maíz amarillo no presentan diferencias significativas entre ellas (Cuadro 4). En el Cuadro 5 se puede observar el comportamiento de los maíces blancos en donde las muestras B8, B10, B7 y B13 si presentan diferencias estadísticamente significativas a diferencia del resto de las muestras. En el Cuadro 6, al hacer comparaciones estadísticas con los maíces azules no se encuentran diferencias significativas entre sus muestras ,en cambio al revisar el Cuadro 7, la comparación entre maíces pintos y rojos nos indica que la muestra P2 es estadísticamente diferente a las otras dos..



Grafico 3. Promedio de cenizas de variedades de maíz

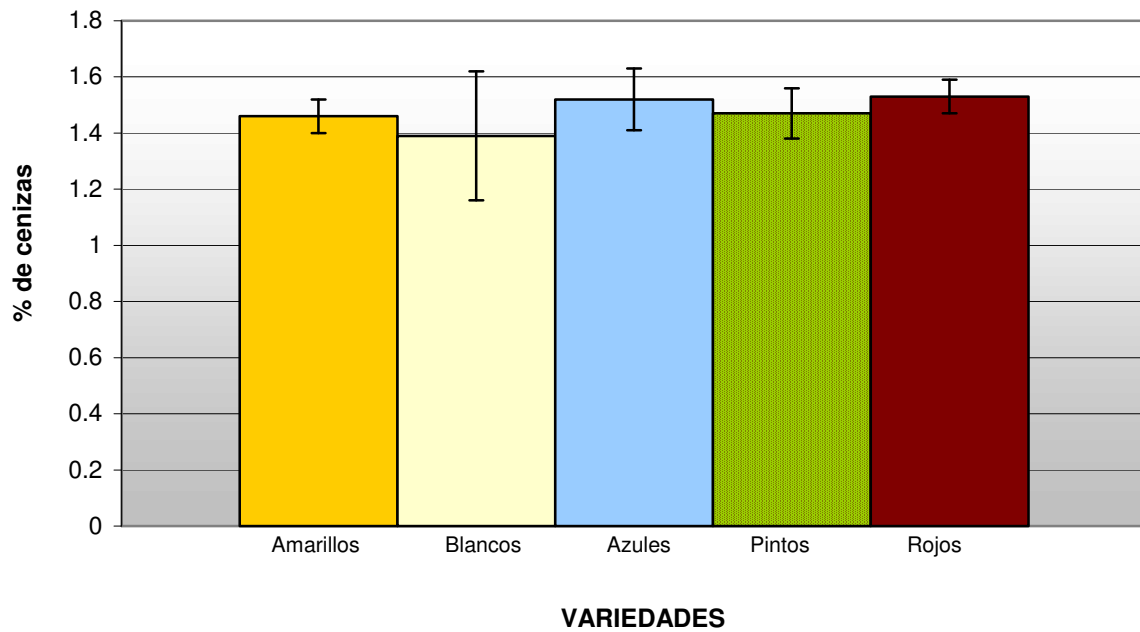
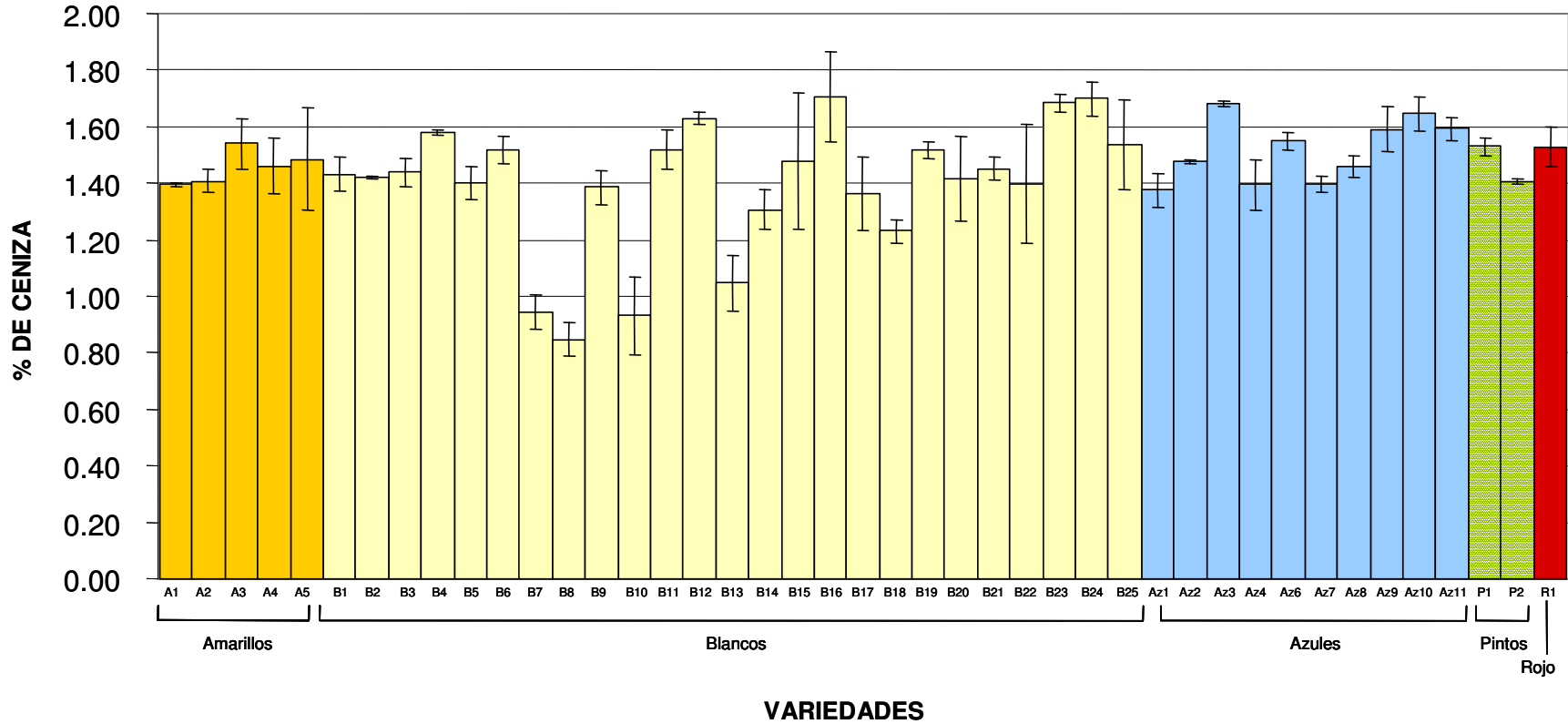




Grafico 4. Porcentaje de ceniza de 43 variedades de maíz criollo





7.3. Proteína

De acuerdo con el Anexo 4 donde se presentan los porcentajes de todos los parámetros estudiados para las 43 muestras, los valores de proteína fluctuaron entre $8.21\% \pm 0.032$ y $12.02\% \pm 0.377$. En el Cuadro 3 se puede observar que las variedades de maíz rojo promedian el mayor contenido de proteína presentando un $11.26\% \pm 0.02$ y los maíces azules obtuvieron el menor valor al promediar $9.73\% \pm 0.72$, estos valores se pueden ver representados en el Grafico 5.

En el Grafico 6 es posible ver que las variedades amarillas fueron las que presentaron mas variaciones en el contenido de proteína, ya que obtuvieron los valores mas bajos como el encontrado en la muestra A3 con $9.03\% \pm 0.13$, y los mas altos como es el caso de la muestra A1 con $12.02\% \pm 0.38$ de proteína (Cuadro 4).

Los valores encontrados para la variedad blanca se mantuvieron cerca del promedio y con tendencia a presentar porcentajes altos, incluso se observan valores mayores al 11%, como en las muestras B16 ($11.26\% \pm 0.11$) y B24 ($11.53\% \pm 0.07$) (Cuadro 5).

Los valores para los maíces azules varían entre $8.85\% \pm 0.23$ y $11.50\% \pm 0.07$, y solamente se presentó diferencia con la muestra Az11 quien presentó el valor más alto (Cuadro 6).

Las variedades de maíz pinto se mantuvieron dentro del promedio que presentaron todas las variedades, y el maíz rojo presentó uno de los valores más altos ($11.27\% \pm 0.01$) (Cuadro 7).



En el Cuadro 4 se observa que las muestras A4, A2 y A1 de la variedad de maíz amarillo presentan diferencias estadísticamente significativas para el parámetro de proteína, lo que nos confirma las variaciones que observaron en el Grafico 6. De igual forma la variedad de maíz blanco presenta muestras con diferencias significativas, como la B11 y B18 (Cuadro 5). La variedad azul solo presenta una muestra que es estadísticamente diferente a las demás que es la Az11 (Cuadro 6) y en las variedades de maíz pinto y rojo las tres muestras comparadas presentan diferencias estadísticas entre ellas, lo cual se encuentra representado en el Cuadro 7.

Grafico 5. Promedio de proteína de las variedades de maíz

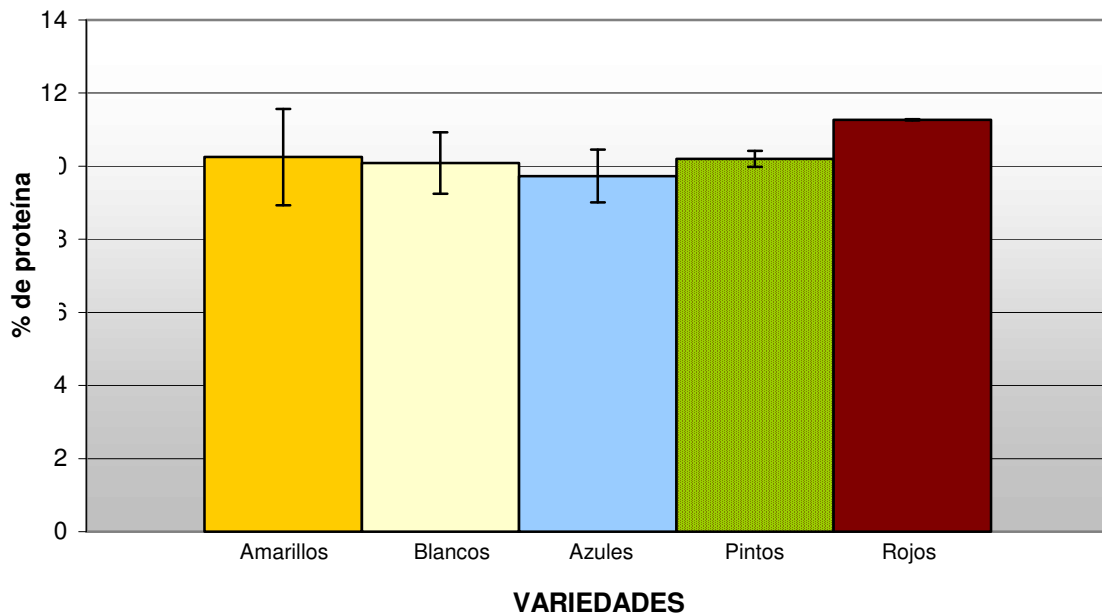
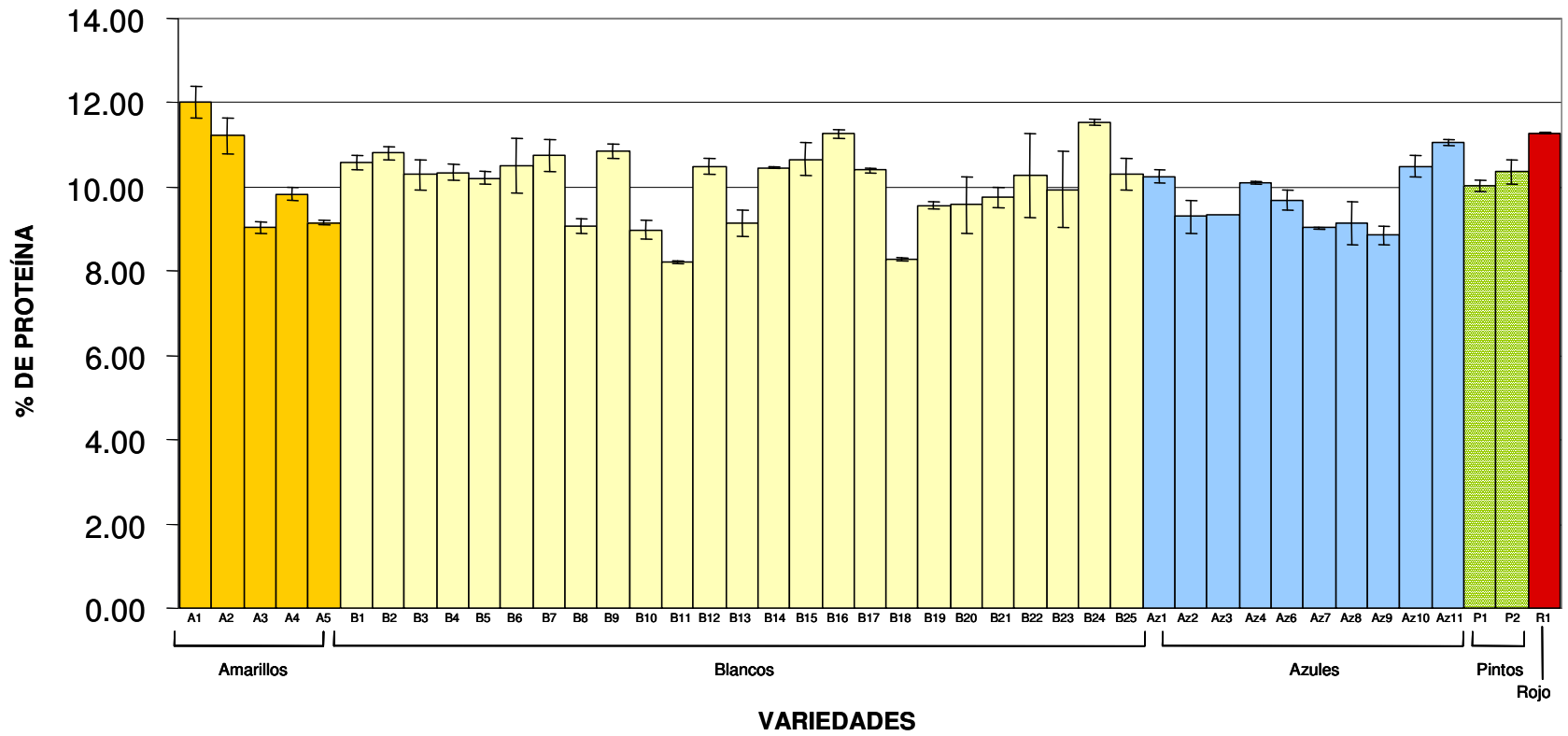




Grafico 6. Porcentaje de proteína de 43 variedades de maíz criollo



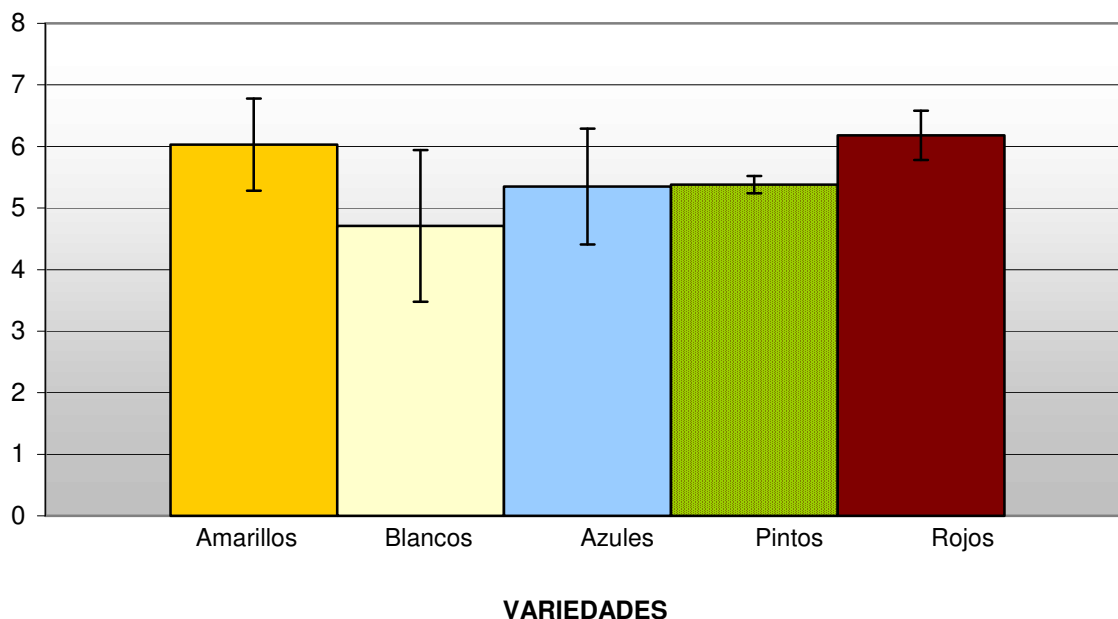


7.4. Extracto etéreo

En el Cuadro 3 se reportan los resultados de extracto etéreo tomando en cuenta el promedio de cada variedad, donde el valor más elevado se encuentra en la variedad de maíz rojo al presentar $6.18\% \pm 0.44$ y el menor porcentaje lo observamos en los maíces blancos con un promedio de $4.71\% \pm 1.23$.

En el Grafico 8 podemos observar las tendencias que siguieron las variedades de acuerdo a las muestras evaluadas. Para las muestras de la variedad amarilla, los valores se mantuvieron en el promedio, e incluso algunas muestras con valores mas altos como es la A1 ($7.12\% \pm 0.68$), la A3 ($6.27\% \pm 0.24$) y la A4 ($6.08\% \pm 0.17$) (Cuadro 4).

Grafico 7. Promedio de extracto etéreo de variedades de maíz





En el Cuadro 5 podemos observar que las variedades blancas obtuvieron valores bajos en general y solo tres muestras, presentan valores entre 6.0 y 7.0% que son B3, B4, B5.

Los maíces criollos azules tuvieron comportamientos muy variables, como se puede observar en el Cuadro 6, debido a que presentan valores bajos, como la muestra Az2, Az1, Az6, Az3 y Az11 con porcentajes entre 3 y 5% y muestras con valores altos como en la muestra Az4, Az8 y Az9 con aproximadamente un 6%.

En el Cuadro 7, se observan las muestras de las variedades de maíz pinto con porcentajes de grasa cerca del promedio general. Igual que en todos los parámetros evaluados, la variedad roja obtuvo valores elevados de extracto etéreo (6.18% \pm 0.44).

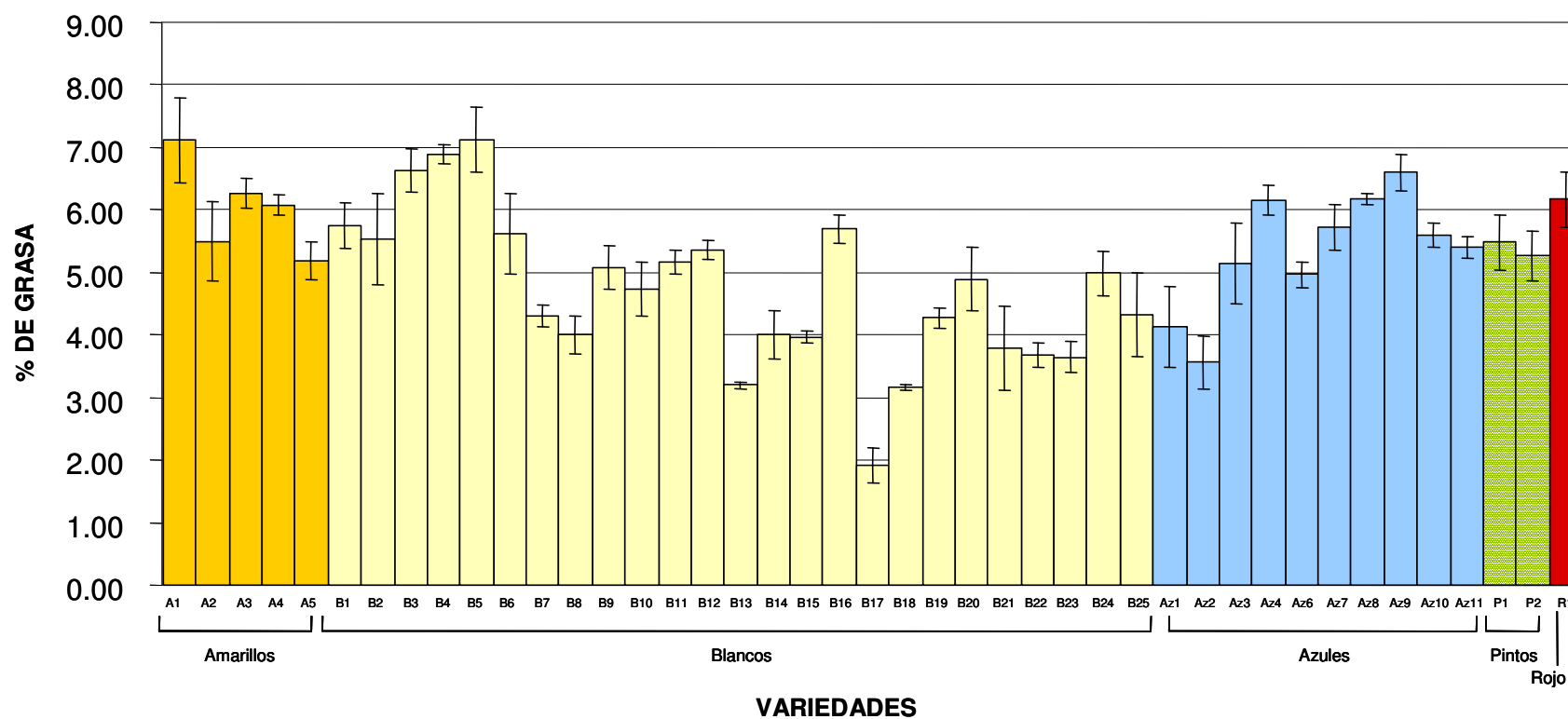
En el Cuadro 4 donde se presentan los datos del análisis de extracto etéreo, de las variedades de maíz amarillo, se observó que la muestra A1 es la que presenta una diferencia estadísticamente significativa ya que es el valor más elevado.

Las muestras de la variedad blanca que se observan en el Cuadro 5, muestran una gran similitud, ya que de 25 muestras únicamente 4 son estadísticamente diferentes las cuales son B17, B3, B4 y B5.

Las muestras Az2 y Az1 de la variedad azul de maíz son las únicas que presentan una diferencia significativa lo que se puede apreciar en el Cuadro 6. En el caso de los maíces pintos y rojos no existe diferencia significativa al comparar sus porcentajes de extracto etéreo (Cuadro 7).



Grafico 8. Porcentaje de extracto etéreo de 43 variedades de maíz criollo





7.5. Fibra Dietaria

Para fibra dietaria el promedio encontrado en los maíces analizados fue de 15.19% \pm 2.89, y de acuerdo al Cuadro 3 se puede observar que la variedad de maíz blanco contiene mayor porcentaje con un 18.37% \pm 1.60 siendo estadísticamente diferente a las otras variedades estudiadas de maíces amarillos y azules. .Estos datos se pueden observar también en el Grafico 9.

En el Grafico 10 donde podemos apreciar el comportamiento de las muestras individuales, se observa que la muestra B21 correspondiente a maíz blanco presentó el valor más elevado de todas las muestras analizadas con un valor de 19.50% \pm 0.93 lo que se puede apreciar también en el Anexo 4. Las muestras de la variedad de maíz azul se mantuvieron en el promedio general reportado para todas las variedades, sin embargo presentó dos muestras con valores por debajo del promedio, la muestra Az6 (13.17% \pm 1.21) y la Az3 con un resultado de 8.47% \pm 0.59, los cuales son los valores más bajos encontrado no solo en las variedades azules de maíz, sino en todas las muestras que se estudiaron.

Grafico 9. Promedio de fibra dietaria de variedades de maíz

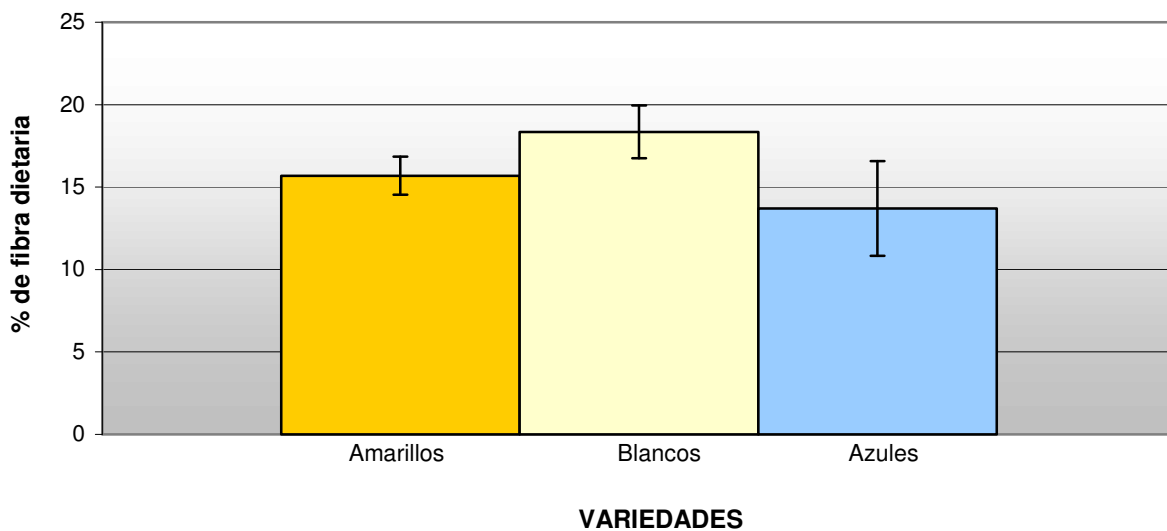
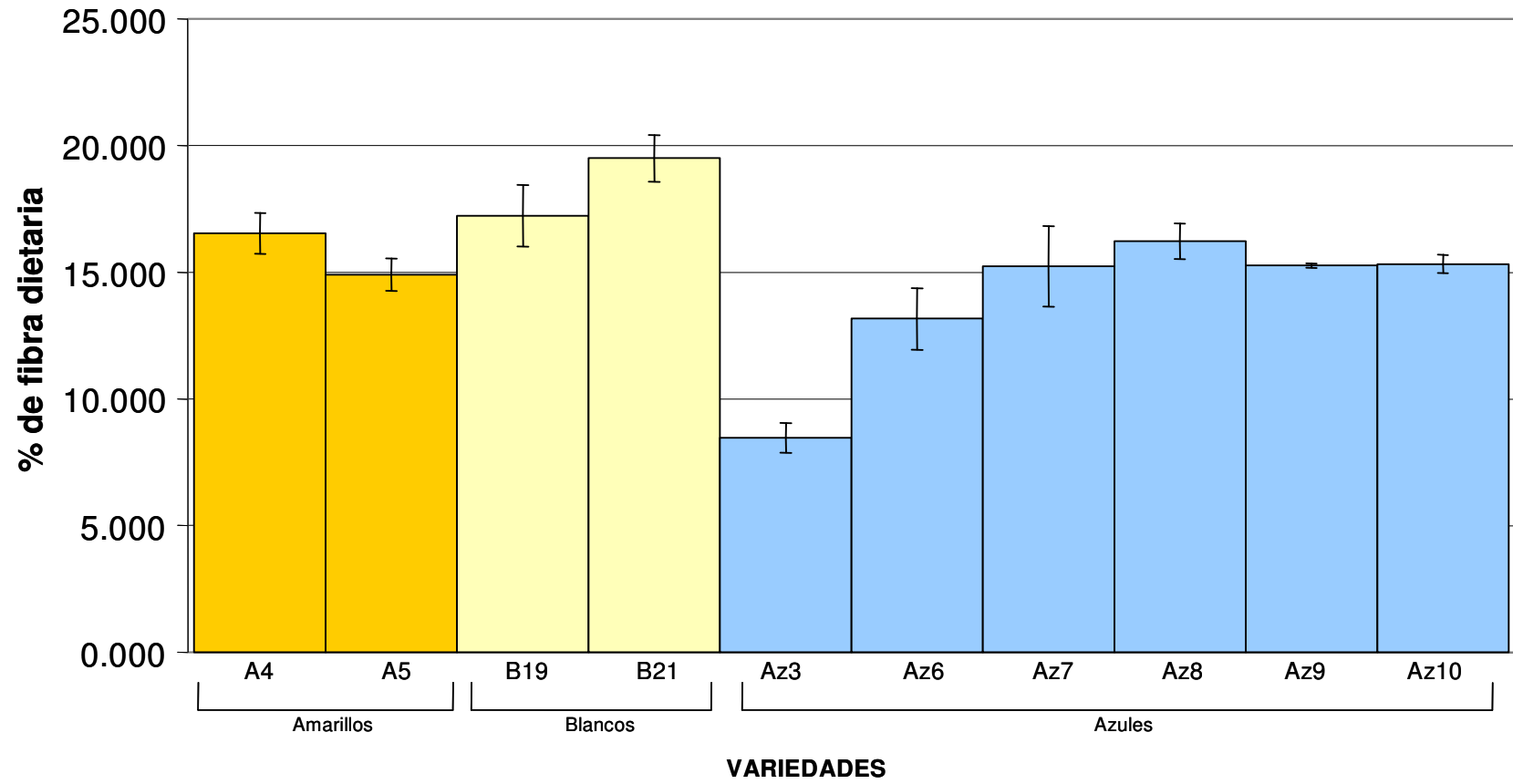




Grafico 10. Porcentaje de fibra dietaria de 43 variedades de maíz criollo





8. DISCUSIÓN

Los datos encontrados en este trabajo en el contenido de humedad (8.61%) son similares a los reportados para maíces híbridos y maíces MCP, donde se encontró un contenido de 8.5 a 11.4% (31). De igual forma Bressani *et al*, 2001 (16), encontraron aproximadamente un 10.09% de humedad al analizar harinas de maíz industrial, lo cual nos indica que los resultados obtenidos en humedad se mantienen similares a otros estudios, ya que los datos encontrados en este estudio se encuentran dentro de valores que oscilaron entre 6.92% y 10.66%.

Estas variaciones presentadas en la cantidad de humedad pueden estar influenciadas por el tipo de grano o las condiciones climáticas en que se cultivaron, como la temperatura y la precipitación pluvial. El contenido de humedad es fundamental ya que si es mayor al 15.5%, durante su almacenamiento pueden crecer hongos ocasionando contaminación y descomposición, produciéndose así pérdidas importantes de maíz (Méndez- Montealvo, *et al*. 2003) (31).

Los resultados encontrados para cenizas en este estudio (1.4%) son similares al compararlos con estudios realizados por Araya, 1996 (9), a maíces híbridos en donde se encontraron valores de 1.4% de cenizas, así como otros estudios realizados por Méndez- Montealvo, *et al*. 2003 (31) en maíces híbridos, que reportan entre 1.1 a 1.7%. En un análisis a maíces criollos del valle de Tulancingo se encontró un promedio entre 0.87 y 0.85% de cenizas (24), lo cual nos indica que las variedades analizadas en este estudio contienen porcentajes similares de cenizas. Las diferencias que se encuentran en cenizas pueden estar establecidas por la variedad de maíz con la que se trabajó en los diferentes estudios. En el caso de los productos derivados de cereales como la harina, el valor de las cenizas puede indicarnos harinado que tipo es ya que el valor de cenizas en la harina blanca es menor que en harinas integrales (18).



El rango de proteína (8.2 - 12.0%) presentado en este estudio es similar a los porcentajes presentados en estudios por diferentes autores. White y Jonson, 2003 (34), establecen que el porcentaje de proteína en maíz híbrido oscila entre 8.10 a 11.50%. Por otra parte, en un trabajo de Mestres *et al.*, 1991 (35) se reportó un rango de contenido de proteína de 7.4 a 12.3% con variedades de maíz de diferentes orígenes, cultivadas en países africanos. En una investigación con 184 híbridos comerciales, los investigadores Fox *et al.*, 1992 (36) encontraron contenidos de proteína de 7.9 a 9.6%, mientras que Jennings *et al.*, 2002 (37) al realizar un estudio también con híbridos comerciales cosechados a tres diferentes grados de madurez, encontraron valores de proteína de 6.8 a 7.5%. Ramírez, 2000 (38), encontró contenidos de proteína entre 8.72 y 9.52% en híbridos y variedades comerciales de maíz cultivadas en Tecamachalco, Puebla y el Valle del Mezquital, Hgo. Por otra parte Guzmán y Andrés, 2000 (39) en un estudio con maíces criollos y sus versiones mejoradas obtenidas por retrocruza limitada encontraron un rango de 8.34 a 12.88% de proteína.

El contenido de proteína puede verse influenciado por el tipo de grano de maíz estudiado como por ejemplo, algunas variedades de maíz con endospermo harinoso pueden presentar mayores valores de proteína, lo cual está fuertemente influenciado por la constitución genética (31).

En estudios realizados a los maíces MCP, se ha reportado que los valores oscilan entre 12 a 12.5% de proteína. Al comparar estos resultados con los valores presentados en el maíz criollo que se reportaron para este estudio se encontró similitud entre ambos. Sin embargo, aunque se presentan valores similares en cuanto al porcentaje de proteína, es importante mencionar que en el maíz MCP lo que se trata de mejorar es la calidad proteica más que su cantidad.



Los valores de extracto etéreo encontrados en los maíces criollos estudiados oscilan entre 4.71 y 6.18 % lo que se presenta de manera muy similar con trabajos realizados anteriormente como el de White y Jonson, 2003 (34) donde se reporta un contenido de grasa que va de 3.9 a 5.8%. De igual forma los valores encontrados para éste parámetro en maíces criollos coincide con los trabajos presentados por Mestres y col., 1991 (35) quienes encontraron un rango de 3.7 a 5.8% de grasa en variedades de maíz cultivadas en países africanos.

En este trabajo se encontraron dos muestras de maíz criollo con contenido de grasa por arriba de 6.0% que al igual que los maíces con un contenido alto de proteína, pueden ser materiales interesantes para fitomejoramiento de los mismos. En otros trabajos reportados, los porcentajes encontrados son menores, como es el caso de los datos obtenidos por Fox y col., 1992 (36) que encontraron contenidos de grasa de 2.8 a 4.0% en maíces híbridos comerciales, al igual que Jennings y col., 2002 (37) quienes reportan entre 2.6 - 3.3% en híbridos comerciales cosechados a distintos grados de madurez.

La concentración de grasa puede depender del genotipo o la variedad a la que pertenezca el maíz por lo cual se presentan pequeñas fluctuaciones entre los maíces de los estudios referidos.

El promedio de fibra dietaria encontrado en los maíces estudiados fue de 15.19%, y se observó que algunas muestras obtuvieron altos porcentajes de fibra, los cuáles resultan ser más elevados que los reportados en estudios, de Méndez- Montealvo, *et al.*, 2003 (31) donde, el contenido de fibra dietaria en maíces híbridos oscila entre 7.1 y 13.1%. Esto puede ser debido a que se analizaron muestras que tuvieran mayor calidad para la industria, tomando en cuenta sus propiedades físicas como lo es el contenido de pericarpio.



El contenido y composición de la fibra dietaria varía en los diferentes alimentos, al igual que en un mismo alimento puede diferir la concentración de fibra de acuerdo a su grado de madurez, refinación o tratamiento tecnológico (40).

Los parámetros estudiados en este trabajo en general se encuentran similares a los reportados en otros estudios realizados; sin embargo es necesario realizar más determinaciones para establecer la calidad de los componentes de este tipo de maíz..

Las diferencias encontradas al comparar los resultados con otros estudios pueden estar determinadas por el ajuste de la metodología, aunque cabe mencionar que los métodos aquí usados son hasta ahora los más confiables para dichas determinaciones.

En el caso de maíces mejorados, donde el contenido de algunos nutrimentos es mayor o la calidad de ellos es buena, aún no es posible considerarlos como una alternativa práctica de consumo ya que en las comunidades donde se cultivan variedades criollas de maíz, las posibilidades económicas y la cultura impiden la adquisición de dichos maíces mejorados.

El uso de los maíces criollos en la industria alimentaria podría beneficiar a los productores ya que esto les permitiría lograr una mayor producción y así mismo una mejora económica notable.

El consumo de maíz criollo debe ser promovido entre sus productores ya que es un alimento nutritivo, de bajo costo ya que ellos mismo lo producen y que al complementarlo con el consumo de proteínas vegetales como las leguminosas, se logra obtener una dieta de buena calidad.



9. CONCLUSIONES

- Las variedades de maíz amarillo presentaron valores elevados de proteína y grasa, en humedad, cenizas y fibra se mantuvieron en el promedio.
- Los maíces blancos mantuvieron bajos porcentajes ó se mantuvieron en el promedio de humedad, cenizas, proteína y grasa. Solo en fibra dietaria se presentó mayor valor en comparación con las otras variedades estudiadas.
- En general, los maíces azules se mantuvieron dentro del promedio general comparado con las otras variedades estudiadas en proteína, grasa y fibra dietaria y algunas de sus muestras presentaron porcentajes elevados de humedad y ceniza.
- La composición química de los maíces pintos no presentó variaciones en comparación con el promedio reportado para las otras variedades estudiadas a excepción del contenido de humedad.
- Para el maíz rojo, sus valores se reportaron dentro de los rangos elevados en humedad, proteína y grasa.
- En general, los maíces criollos presentan valores de composición química proximal y fibra dietaria similares a otros maíces estudiados, aunque algunas de las muestras analizadas obtuvieron valores más elevados.



10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Paliwal R. L., Granados G., Lafitte R. y Violic D.A., 2001, Maíz en los Trópicos: Mejoramiento y producción., Colección FAO: Producción y protección vegetal, pp. 1-91.
2. Galindat W.C., 1995, El origen del maíz: el grano de la humanidad, Econ Bot, 49: 3-12.
3. FAO, 1993, El maíz en la nutrición humana, Colección FAO: Alimentación y nutrición, No. 25. Roma.
4. Hernandez, X. E., Wellhausen E.J. y Roberts L.M. 1987. Razas de maíz en México, "Xolocotzia, Revista de Geografía Agrícola". Tomo II. Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp. 610-632.
5. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), El maíz Transgenico en México: Hechos actuales e investigaciones por hacer en el futuro, 2002.
- 6 Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), 2000, Premio mundial de la alimentación para investigadores del CIMMYT, El maíz con calidad de proteína, www.cimmyt.org, Fecha de consulta: 9/03/2005.
7. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), Híbrido de maíz HQ- 61, Boletín técnico No. 1, Año 2002, www.centa.gov.sv, Fecha de consulta: 09/03/2005
8. Watson S.A, 1987. Structure and composition corn, chemistry and technology, Am. Assoc. Cereal Chem, pp. 53-82.



9. Burge R.M. y Duensing W.J., 1989. Processing and dietary fiber ingredient applications of corn bran. *Cereal Foods World*, 34: 535-538
10. Astiasarán I. y Martínez J.A., 1999, Alimentos, composición y propiedades, Ed. Mc Graw- Hill, Interamericana, Madrid, España, pp. 137,138.
11. Anguiano O. J., 2000, Caracterización química, fisicoquímica y de biodisponibilidad del almidón en harinas de maíz criollos, Instituto Politécnico Nacional (IPN), Instituto Tecnológico de Acapulco.
12. Landry J. y Moureaux T., 1982. Distribution and amino acid composition of protein fractions in opaque-2 maize grain. *Phytochemistry*. 21: 1365- 1869.
13. Patterson J.I., Brown R.R, Linkswiler H. y Harper A.E, 1980, Excretion of tryptophan- niacin metabolites by young men: effects of tryptophan, leucina and vitamin B6 intakes. *Am. J. Clin. Nutr*: 33 (21): 57-2167.
14. Bressani Ricardo, J.C. Turcios., Reyes L. y Mérida r., 2001 Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América central, *Archivos Latinoamericanos de Nutrición SLAN*, 51 (3):309- 313.
15. Rosado J. L., Camacho-Solís R. y Bourges H., 1999. Adición de vitaminas y minerales a harinas de maíz y de trigo en México. *Salud Pública de México*. 41(2):130-137
16. Yen, J.T., Jensen A.H., y Baker D.H., 1976. Assessment of the concentration of biologically available vitamin B6 in corn and soybean meal. *Anim. Sci.*, 42 (86): 68-70.
17. Espinoza V.J., Valdés L.L., Reyes V.M., De león C.H., 2004, Calidad nutricional del grano en poblaciones de maíz poliembriónico, *Avances de investigación, Sección maíz.*, pp. 288- 299.



- 18 Ronald S.K., Ronald S., Harold E., 1996, Composición y análisis de alimentos de Pearson, Ed. Continental, 2ª Edición, México, pp. 10- 34.
19. AOAC 2002, Official Methods of Analysis. 16a edition. Ed. Association of Official Analytical Chemists, international Gaitherstourg, E.U.U.
20. Badui D.S., 1990, Química de los alimentos, Ed. Alambra Mexicana, 2ª Edición, pp. 151-153.
21. Gobierno del Estado de Hidalgo 2003.
www.hidalgo.gob.mx:7778/portal?_pageid=53,31256&_dad=portal&_schema=PORTAL, fecha de consulta 12/04/2003.
- 22 Anuario estadístico, INEGI, 2003, pp. 453-460
- 23 SAGARPA, 2005, www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comdatbas.html, fecha de consulta 23/01/2006.
- 24 Guemes V.N., Hernández F.A.D, Reyes S.M.I., Aquino B.E.N, Espíndola M.E., Dávila O.G., Mercado S.E., 2003, Caracterización física, química y estructural de 4 variedades de elotes de color de la región del valle de Tulancingo Hidalgo, VII Congreso Nacional de Ciencia de los Alimentos y II Foro de Ciencia y Tecnología de alimentos, Guanajuato, México.
25. Anuario estadístico por entidad federativa, INEGI, 2003, pp. 393-398.
26. Centro de estadística agropecuaria, cierre definitivo de cosechas, SAGARPA, 2003, pp. 1-14



27. Anuario estadístico de la producción agrícola en el estado de Hidalgo, SAGARPA, 2001, pp. 2, 5, 6.

28 SAGARPA, Producción de maíz en el Estado de Hidalgo, 2005, <http://w2.siap.sagarpa.gob.mx:8080/Brio/ihtml/Reques>, fecha de consulta 23/01/2006.

29 Hidalgo, panorama agropecuario, VII censo agropecuario, INEGI, 1991, pp. 7, 11, 12, 14, 22-24.

30. SAGARPA, Datos Básicos del maíz, Panorama internacional, 2005, <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>. Fecha de consulta 23/01/2006.

31 Méndez-Montealvo G., Solorza F. J., Velásquez V. M., Gómez M. N., Paredes L. O. y Bello P.L.A, 2005. Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México, *Agrociencia*, 39:267-274.

32. Depósito de documentos de la FAO, El maíz blanco: Un grano alimentario tradicional en los países en desarrollo, 1997, www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=DOCREP/006/W26985/W2698500.HTM.

33. Gómez R., Figueroa J.D., Gayosso M., Ramírez E., 2005. Potencial de industrialización de las variedades criollas de maíz cultivadas en el Estado de Hidalgo. UAEH. SIZA-CONACYT.

34. White P.J. y Jonson L.A., 2003. *Corn Chemistry and technology*, second edition. American Association of cereal chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.



35. Mestres C.A. Louis-Alexandre, Matencio F. y Lahlou A. 1991. Dry-Milling properties of maize, *Cereal Chemistry*, 68(1):51-56.
36. Fox S.R., Johnson C.R., Hurburgh Jr., Dorsey-Redding C. y Bailey T.B. 1992. Relations of grain proximate composition and physical properties to wet-milling characteristics of maize. *Cereal Chemistry*, 69(2):191-197.
37. Jeggins S.D., Myers D.J., Johnson L.A. y Pollak L.M. 2002. Effects of maturity on grain quality and wet-milling properties of two selected corn hybrids. *Cereal Chemistry*, 79(5):697-702.
38. Ramírez C.A, 2000. Calidad de maíces comerciales para la elaboración de tortillas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Chapingo, México.
39. Guzmán B.L., Andrés G.J.L., 2000. Comparación de la calidad del grano de maíces criollos y sus versiones genéticamente mejoradas por retrocruza limitada. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Ingeniería Agroindustrial Chapingo, México
40. Pak D.N., 2000. Fibra dietética en verduras cultivadas en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50 (1):97-101.



ANEXOS



ANEXO 1.
Volumen de la producción de maíz por entidad federativa, año agrícola 2001

ENTIDAD FEDERATIVA	MAÍZ GRANO (Toneladas)
Aguascalientes	42 942
Baja California	5 235
Baja California Sur	32 489
Campeche	490 855
Coahuila de Zaragoza	23 247
Colima	42 148
Chiapas	1753100
Distrito Federal	12 654
Durango	114 559
Guanajuato	1 211 485
Guerrero	1 038 965
Hidalgo	607 912
Jalisco	2 075 451
México	2283802
Michoacán	1315160
Morelos	122 714
Nayarit	200 519
Nuevo León	32 861
Oaxaca	804897
Puebla	1005322
Querétaro	274 922
Quintana Roo	38 593
San Luís Potosí	129 974
Sinaloa	18 235
Sonora	77 510
Tabasco	164 341
Tamaulipas	133 490
Tlaxcala	312 696
Veracruz	1178997
Yucatán	89 475
Zacatecas	316 992

Fuente: Anuario de estadísticas por entidad federativa, INEGI 2003 (27)



ANEXO 2
Principales cultivos del Estado de Hidalgo de año agrícola 2001
Cierre definitivo de siembras y cosechas
Riego+ Temporal

CONCEPTO	SUPERFICIE SEMBRADA (Ha)	SUPERFICIE COSECHADA (Ha)	PRODUCCIÓN (TONELADAS)
Maíz grano	275 192.46	250 787.76	607 912.21
Cebada Grano	114 388.50	108 772.10	240 720.15
Frijol	46 834.00	41 660.50	27 174.00
Avena forrajera	8 992.00	8 904.00	109 152.72
Trigo grano	4 902.00	4 286.00	9 744.20
Calabacita	2 476.00	2 455.00	26 728.50
Chile verde	2 459.00	2 459.00	18 582.00
Tomate verde	1 651.00	1 646.00	14 409.00
Ejote	1 460.00	1 425.00	12 534.00
Avena grano	1 220.00	1 220.00	2 274.00
Jitomate	614.74	603.74	8 655.00
Pepino	251.00	251.00	3 460.50

Fuente: Anuario estadístico de la producción agrícola en el Estado de Hidalgo 2001, SAGARPA.
 (29)



ANEXO 3

Información de campo. Muestras colectadas en los municipios de Agua Blanca, Metepec, Tulancingo de Bravo, Acatlán, Acaxochitlán, Cuauhtepc de Hinojosay Santiago Tulantepec, pertenecientes al sureste del Estado de Hidalgo

Código de la muestra	Nombre del productor	Región	Lugar de la colecta	Tiempo de cultivar esta variedad	Color del grano	Nombre con que conoce esta variedad	Usos del cultivo	Periodo de cultivo: Siembra-cosecha	Enfermedades o plagas en la milpa	Problemas de almacenamiento	Fertilizante usado	Régimen de cultivo	Comportamiento del cultivo bajo sequía
B1	Aristeo Jiménez	San Mateo Acaxochitlán	Almacén	1 año	Blanco	Maíz llanero, maíz blanco	Consumo animal	Abril-diciembre	Gusanos de la raíz	Gorgojo	Urea, sulfato	Temporal	Marchitamiento
B2	Salomé Peña	San Dionisio, Acatlán	Almacén	8 años	Blanco	Maíz blanco	Tortillas y consumo animal	Junio-diciembre	—	Gorgojo, palomilla	Ninguno	Temporal	Bajo rendimiento
B3	Noé Jarillo	Ejido de Calabazas, 2ª secc., Agua Blanca	Almacén	30 años	Blanco	Maíz blanco	Tortillas y consumo animal	Mayo-noviembre	Nene, soldado	—	Ninguno	Temporal	Marchitamiento
B4	Primo Licona	Palo Gordo, Metepec	Campo	Más de 10 años	Blanco	Maíz criollo, maíz chalqueño	Tortillas, forraje	Mayo-noviembre	Nene	Gorgojo	Urea	Riego	Amarillamiento
B5	Estela Aila Pérez	Tlatelco, Acaxochitlán	Almacén	30 años	Blanco	Maíz criollo	Tortillas	Abril-diciembre	Nene	Palomilla	Urea	Temporal	Marchitamiento y bajo rendimiento
B6	Lucía Vargas	Acatlán	Almacén	10 años	Blanco	Maíz criollo	Consumo animal	Julio-diciembre	Hongos	Gorgojo, palomilla	Ninguno	Temporal	Bajo rendimiento
B7	Emeterio Gómez	Cuauhtepc	Almacén	7 años	Blanco	Maíz blanco	Tortillas, tamales	Junio-diciembre	Nene	Palomilla	Ninguno	Temporal	Bajo rendimiento
B8	Cupertino Sosa Cabrera	Ejido de Agua Blanca	Campo	2 años	Blanco	Maíz criollo	Tortillas y consumo animal	Mayo-diciembre	Lombríz	Gorgojo, palomilla	Urea	Temporal	Menos rendimiento
B9	Emelia Vargas	Barrio de Tlatelco, Acaxochitlán	Almacén	60 años	Blanco	Maíz criollo	Tortillas y consumo animal	Mayo-diciembre	Nene, Chicharra	Gorgojo, palomilla	Urea	Temporal	Bajo rendimiento
B10	Alicia Juárez	Santa María Nativitas, Cuauhtepc	Almacén	4 años	Blanco	Maíz blanco	Consumo animal	Junio-diciembre	—	Gorgojo, palomilla	Urea	Riego	—

Continua



Información de campo. Muestras colectadas en los municipios de Agua Blanca, Metepec, Tulancingo de Bravo, Acatlán, Acaxochitlán, Cuauhtepic de Hinojosa y Santiago Tulantepec, pertenecientes al sureste del Estado de Hidalgo

Código de la muestra	Nombre del productor	Región	Lugar de la colecta	Tiempo de cultivar esta variedad	Color del grano	Nombre con que conoce esta variedad	Usos del cultivo	Periodo de cultivo: Siembra-cosecha	Enfermedades o plagas en la milpa	Problemas de almacenamiento	Fertilizante usado	Régimen de cultivo	Comportamiento del cultivo bajo sequía
B11	Soledad Cruz	San Mateo Acaxochitlán	Campo	Muchos años	Blanco	Maíz blanco	Tortillas y consumo animal	Abril-diciembre	Nene	Palomilla	Ninguno	Temporal	Bajo rendimiento
B12	Francisco Delgadillo	Altepemila, Santiago Tulantepec	Campo	6 años	Blanco	Maíz criollo	Tortillas y consumo animal	Julio-diciembre	Gallina ciega, chapulín	Gorgojo	Urea	Temporal	Bajo rendimiento
B13	Prisciliano Peralta	San Vidal, Tulancingo	Campo	3 años	Blanco	Maíz blanco	Consumo animal	Junio-noviembre	Langosta	Gorgojo	Ninguno	Temporal	Bajo rendimiento
B14	Albino Benitez	Calabazas, 1ª, sección, Agua Blanca	Almacén	15 años	Blanco	Maíz blanco	Consumo humano y animal	Abril-noviembre	Insecto aserrador	Gorgojo, palomilla	Urea, granulado	Temporal	Bajo rendimiento
B15	Vicente Melo Hernández	La Colonia, Ignacio Zaragoza, Metepec	Campo	4 años	Blanco	Media semilla	Tortillas y consumo animal	Junio-diciembre	Barrenador, chicharrita	Gorgojo, palomilla	Urea	Temporal	Bajo rendimiento
B16	Félix Juárez	El Huizache, Acatlán	Almacén	3 años	Blanco	Maíz blanco	Consumo animal	Marzo-septiembre	Nene, hongos	Gorgojo, palomilla	Urea	Riego	Bajo rendimiento, amarillamiento
B17	Marcos Yañez Jardinez	Cerro Alto, Agua Blanca	Almacén	30 años	Blanco	Maíz blanco	Consumo humano y animal	Abril-octubre	Nene, langosta	Pudrición, gorgojo, palomilla	Urea y sulfato	Temporal	Bajo rendimiento, marchitamiento
B18	Otilia Espinoza Lemus	Ranchería de Los Tules, Agua Blanca	Campo	30 años	Blanco	Maíz blanco	Consumo humano y animal	Marzo-noviembre	Nene, langosta	Pudrición, gorgojo, palomilla	Abono orgánico	Temporal	Bajo rendimiento, marchitamiento
B19	Irene Vargas Tapia	Los Romeros, Santiago Tulantepec	Almacén	12 años	Blanco	Maíz blanco	Consumo humano y animal	Mayo-diciembre	Chapulín	Gorgojo	Ninguno	Temporal	Bajo rendimiento

Continua



Información de campo. Muestras colectadas en los municipios de Agua Blanca, Metepec, Tulancingo de Bravo, Acatlán, Acaxochitlán, Cuauhtepic de Hinojosa y Santiago Tulantepec, pertenecientes al sureste del Estado de Hidalgo

Código de la muestra	Nombre del productor	Región	Lugar de la colecta	Tiempo de cultivar esta variedad	Color del grano	Nombre con que conoce esta variedad	Usos del cultivo	Periodo de cultivo: Siembra-cosecha	Enfermedades o plagas en la milpa	Problemas de almacenamiento	Fertilizante usado	Régimen de cultivo	Comportamiento del cultivo bajo sequía
B20	Cornelio Trejo	Agua Blanca	Campo	10 años	Blanco	Maíz blanco	Consumo humano y animal	Mayo-diciembre	Nene	—	Abono orgánico	Temporal	Bajo rendimiento, amarillamiento
B21	Maximiliano Pérez	Ejido milpa Vieja, Agua Blanca	Campo	20	Blanco	Maíz blanco	Consumo humano y animal	Mayo-diciembre	Soldado, Chicharra	Palomilla	Urea	Riego complementario	Doblamiento
B22	María Juárez	Cuauhtepic	Almacén	7 años	Blanco	Maíz blanco	Consumo humano y animal	Julio-diciembre	Nene	Gorgojo	Ninguno	Temporal	Bajo rendimiento
B23	Simón Pérez	Paxtepec, Santiago Tulantepec	Almacén	10 años	Blanco	Maíz criollo	Consumo humano y animal	Julio-diciembre	Nene, Gallina Ciega	Gorgojo, palomilla	Ninguno	Temporal	Bajo rendimiento
B24	Zenaida Licona	Rancho de Palo Gordo. Metepec	Campo	Más de 6 años	Blanco	Semilla grande	Tortillas y consumo animal	Mayo-noviembre	—	Palomilla	Urea, granulado	Temporal	Bajo rendimiento
B25	Marco Antonio Santos Granillo	Santa Ana Huitalpan	Campo	20 años	Blanco	Maíz blanco	Tortillas y consumo animal	Junio-diciembre	Nene, barrenador	Gorgojo	Urea	Riego	Marchitamiento
A1	Juan Pérez	Tlaxtelco, Acaxochitlán	Almacén	No contestó	Amarillo	Maíz amarillo	Tortillas y consumo animal	Abril-diciembre	Nene, hormiga	—	Urea	Temporal	No contestó
A2	Marcos Yañez Jardinez	Cerro Alto, Agua Blanca	Almacén	30	Amarillo	Maíz amarillo	Tortillas y consumo animal	Abril-octubre	Nene, langosta	Pudrición, gorgojo, palomilla	Urea, sulfato	Temporal	Marchitamiento y bajo rendimiento
A3	Francisco Delgadillo	Altepemila, Santiago Tulantepec	Campo	6 años	Amarillo	Maíz amarillo	Tortillas y consumo animal	Julio-diciembre	Gallina ciega, chapulín	Gorgojo	Urea	Temporal	Bajo rendimiento

Continúa



Información de campo. Muestras colectadas en los municipios de Agua Blanca, Metepec, Tulancingo de Bravo, Acatlán, Acaxochitlán, Cuauhtepec de Hinojosa y Santiago Tulantepec, pertenecientes al sureste del Estado de Hidalgo

Código de la muestra	Nombre del productor	Región	Lugar de la colecta	Tiempo de cultivar esta variedad	Color del grano	Nombre con que conoce esta variedad	Usos del cultivo	Periodo de cultivo: Siembra-cosecha	Enfermedades o plagas en la milpa	Problemas de almacenamiento	Fertilizante usado	Régimen de cultivo	Comportamiento del cultivo bajo sequía
A4	Noé Jarillo	Ejido de Calabazas, 2ª secc., Agua Blanca	Almacén	30 años	Amarillo	Maíz amarillo	Tortillas y consumo animal	Mayo-noviembre	Nene, soldado	—	Ninguno	Temporal	Marchitamiento
A5	Otilia Espinoza Lemus	Ranchería de Los Tules, Agua Blanca	Campo	30 años	Amarillo	Maíz amarillo	Consumo humano y animal	Marzo-noviembre	Nene, langosta	Pudrición, gorgojo, palomilla	Abono orgánico	Temporal	Bajo rendimiento, marchitamiento
Az1	Noé Jarillo	Ejido de Calabazas, 2ª secc., Agua Blanca	Almacén	30 años	Azul	Maíz azul	Tortillas y consumo animal	Mayo-noviembre	Nene, soldado	—	Ninguno	Temporal	Marchitamiento
Az2	Marcos Yañez Jardínez	Cerro Alto, Agua Blanca	Almacén	30 años	Azul	Maíz azul	Consumo humano y animal	Abril-octubre	Nene, langosta	Pudrición, gorgojo, palomilla	Urea y sulfato	Temporal	Bajo rendimiento, marchitamiento
Az3	Irene Vargas Tapia	Los Romeros, Santiago Tulantepec	Almacén	12 años	Azul	Maíz azul	Consumo humano y animal	Mayo-diciembre	Chapulín	Gorgojo	Ninguno	Temporal	Bajo rendimiento
Az4	Estela Aila Pérez	Tlatelco, Acaxochitlán	Almacén	30 años	Azul	Maíz azul	Tortillas	Abril-diciembre	Nene	Palomilla	Urea	Temporal	Marchitamiento y bajo rendimiento
Az6	Froilán Barrera Jardínez	Altepemila, Santiago Tulantepec	Campo	3	Azul	Maíz azul	Consumo humano y animal	Junio-diciembre	Chapulín	Gorgojo	Urea	Temporal	Bajo rendimiento

Continúa



Información de campo. Muestras colectadas en los municipios de Agua Blanca, Metepec, Tulancingo de Bravo, Acatlán, Acaxochitlán, Cuauhtepic de Hinojosa y Santiago Tulantepec, pertenecientes al sureste del Estado de Hidalgo

Código de la muestra	Nombre del productor	Región	Lugar de la colecta	Tiempo de cultivar esta variedad	Color del grano	Nombre con que conoce esta variedad	Usos del cultivo	Periodo de cultivo: Siembra-cosecha	Enfermedades o plagas en la milpa	Problemas de almacenamiento	Fertilizante usado	Régimen de cultivo	Comportamiento del cultivo bajo sequía
Az7	Cupertino Sosa Cabrera	Ejido de Agua Blanca	Campo	2 años	Azul	Maíz azul	Tortillas y consumo animal	Mayo-diciembre	Lombríz	Gorgojo, palomilla	Urea	Temporal	Menos rendimiento
Az8	Otilia Espinoza Lemus	Ranchería de Los Tules, Agua Blanca	Campo	30 años	Azul	Maíz azul	Consumo humano y animal	Marzo-noviembre	Nene, langosta	Pudrición, gorgojo, palomilla	Abono orgánico	Temporal	Bajo rendimiento, marchitamiento
Az9	Ponciano Ortiz	Tulancingo de Bravo	Almacén	10 años	Azul	Maíz azul	Tortillas	Junio-diciembre	Nene	Palomilla	Ninguno	Riego	Bajo rendimiento
Az10	Teresa Rodríguez	Tortugas, Metepec	Campo	2 años	Azul	Maíz azul	Consumo humano y animal	Julio-diciembre	Chicharita	Nene	Urea	Riego	Marchitamiento
Az11	Marco Antonio Santos Granillo	Santa Ana Huitlapan	Campo	20 años	Azul	Maíz azul	Tortillas y consumo animal	Junio-diciembre	Nene, barrenador	Gorgojo	Urea	Riego	Marchitamiento
P1	Porfirio Hernández	La Colonia, Ignacio Zaragoza, Metepec	Campo	27 años	Pinto	Maíz Chalqueño	Consumo humano y animal	Junio-diciembre	Lombriz	Gorgojo, palomilla	Urea	Temporal	Bajo rendimiento
P2	Emelia Vargas	Barrio de Tlaxtelco, Acaxochitlán	Almacén	60 años	Pinto	Maíz pinto	Tortillas y consumo animal	Mayo-diciembre	Nene, Chicharra	Gorgojo, palomilla	Urea	Temporal	Bajo rendimiento
R1	Juan Pérez	Tlaxtelco, Acaxochitlán	Almacén	No contestó	Rojo	Maíz Xocoyul	Tortillas y consumo animal	Abril-diciembre	Nene, hormiga	—	Urea	Temporal	No contestó



ANEXO 4. Composición química proximal y fibra dietaria de 43 variedades de maíz criollo

Muestra	% de Humedad	Comparación de promedios	Muestra	% de Ceniza	Comparación de promedios	Muestra	% Proteína	Comparación de promedios	Muestra	% de Grasa	Comparación de promedios	Muestra	% Fibra dietaria	Comparación de promedios
B25	6.927±0.271	a	B8	0.846±0.056	a	B11	8.209±0.032	a	B17	1.909±0.279	a	Az3	8.467±0.59	a
B22	6.932±0.182	a	B10	0.930±0.136	ab	B18	8.283±0.040	a	B18	3.165±0.046	ab	Az6	13.167±1.21	b
B23	7.027±0.297	a	B7	0.943±0.064	ab	Az9	8.852±0.226	ab	B13	3.201±0.046	ab	A5	14.900±0.65	c
B8	7.343±0.497	ab	B13	1.046±0.101	abc	B10	8.979±0.217	abc	Az2	3.569±0.422	bc	Az7	15.233±1.59	c
B20	7.657±0.056	abc	B18	1.230±0.038	bcd	Az7	9.027±0.025	abcd	B23	3.649±0.250	bcd	Az9	15.267±0.09	c
B16	7.714±0.629	abcd	B14	1.306±0.066	cde	A3	9.032±0.130	abcde	B22	3.681±0.193	bcde	Az10	15.333±0.36	c
Az1	7.733±0.025	abcd	B17	1.362±0.130	def	B8	9.059±0.169	abcdef	B21	3.788±0.661	bcdef	Az8	16.233±0.70	cd
B2	8.026±0.257	bcde	Az1	1.376±0.055	def	B13	9.142±0.313	abcdefg	B15	3.968±0.098	bcdefg	A4	16.533±0.81	cd
B7	8.131±0.340	bcdef	B9	1.386±0.056	defg	Az8	9.149±0.524	abcdefg	B14	4.003±0.385	bcdefg	B19	17.233±1.22	d
B1	8.196±0.142	cdef	A1	1.394±0.007	defg	A5	9.155±0.046	abcdefgh	B8	4.012±0.296	bcdefg	B21	19.500±0.93	e
A2	8.203±0.213	cdef	Az4	1.394±0.087	defg	Az2	9.299±0.398	abcdefghi	Az1	4.136±0.652	bcdefgh			
A1	8.206±0.186	cdef	Az7	1.395±0.029	defg	Az3	9.352±0.085	abcdefghij	B19	4.277±0.164	bcdefghi			
B21	8.322±0.130	cdef	B22	1.398±0.209	defgh	B19	9.565±0.078	bcdefghijk	B7	4.298±0.170	bcdefghi			
B3	8.329±0.200	cdef	B5	1.401±0.058	defgh	B20	9.575±0.668	bcdefghijk	B25	4.325±0.657	bcdefghij			
B14	8.410±0.350	cdefg	A2	1.407±0.043	defghi	Az6	9.693±0.252	bcdefghijkl	B10	4.732±0.432	cdefghijkl			
B15	8.410±0.350	cdefg	P2	1.407±0.014	defghi	B21	9.756±0.236	bcdefghijkl	B20	4.894±0.503	defghijkl			
B4	8.419±0.054	cdefg	B20	1.414±0.150	defghi	A4	9.837±0.158	bcdefghijklm	Az6	4.968±0.213	efghijkl			
B9	8.421±0.165	cdefg	B2	1.420±0.004	defghi	B23	9.942±0.903	bcdefghijklm	B24	4.986±0.351	fghijklm			
B11	8.424±0.323	cdefg	B1	1.432±0.062	defghi	P1	10.041±0.14	cdefghijklmn	B9	5.077±0.349	fghijklm			
B10	8.489±0.253	defg	B3	1.438±0.055	defghi	Az4	10.104±0.036	cdefghijklmn	Az3	5.146±0.642	ghijklm			
B6	8.649±0.056	efgh	B21	1.451±0.038	defghi	B5	10.212±0.158	cdefghijklmn	B11	5.167±0.195	ghijklm			
A4	8.649±0.186	efgh	Az8	1.458±0.041	defghi	Az1	10.242±0.159	defghijklmn	A5	5.198±0.299	ghijklm			
Az2	8.661±0.162	efgh	A4	1.461±0.103	defghi	B22	10.269±1.002	efghijklmn	P2	5.271±0.404	ghijklm			
B5	8.665±0.173	efgh	Az2	1.476±0.008	defghi	B3	10.287±0.360	fghijklmn	B12	5.371±0.154	hijklmn			
B18	8.699±0.126	efgh	B15	1.478±0.244	defghi	B25	10.300±0.386	ghijklmno	Az11	5.398±0.167	hijklmn			
Az9	8.717±0.209	efgh	A5	1.485±0.177	defghi	B4	10.348±0.188	ghijklmno	P1	5.480±0.45	ijklmn			
B13	8.796±0.212	efgh	B6	1.517±0.047	defghi	P2	10.356±0.298	ghijklmno	A2	5.497±0.638	ijklmn			
A5	8.807±0.442	efgh	B19	1.516±0.033	defghi	B17	10.391±0.046	hijklmno	B2	5.537±0.734	ijklmn			
Az11	8.824±0.152	efgh	B11	1.519±0.070	defghi	B14	10.452±1.015	ijklmno	Az10	5.602±0.202	jklmno			
B19	8.851±0.268	efgh	R1	1.527±0.072	defghi	B12	10.489±0.195	ijklmno	B6	5.622±0.647	jklmno			
B17	8.887±0.077	fghi	P1	1.530±0.03	efghi	Az10	10.491±0.255	ijklmno	B16	5.698±0.233	klmno			
B12	8.891±0.177	fghi	B25	1.536±0.157	efghi	B6	10.512±0.655	ijklmno	Az7	5.726±0.370	klmno			
Az8	8.957±0.165	fghi	A3	1.540±0.094	efghi	B1	10.562±0.168	jklmno	B1	5.753±0.367	klmno			
Az10	9.220±0.201	ghij	Az6	1.549±0.029	efghi	B15	10.654±0.396	klmno	A4	6.082±0.173	lmnop			
Az4	9.394±0.323	hijk	B4	1.580±0.008	efghi	B7	10.752±0.368	klmno	Az4	6.156±0.228	lmnop			
Az6	9.419±0.041	hijk	Az9	1.590±0.081	efghi	B2	10.804±0.147	klmnop	R1	6.176±0.444	lmnop			
P2	9.434±0.077	hijk	Az11	1.592±0.040	efghi	B9	10.858±0.183	lmnop	Az8	6.179±0.089	lmnop			
Az3	9.471±0.108	hijk	B12	1.630±0.018	fghi	Az11	11.054±0.074	mnop	A3	6.273±0.241	mnop			
R1	9.691±0.156	ijk	Az10	1.645±0.060	fghi	A2	11.217±0.434	nop	Az9	6.608±0.287	nop			
P1	9.761±0.26	jk	Az3	1.682±0.011	ghi	B16	11.256±0.110	nop	B3	6.630±0.336	nop			
Az7	9.797±0.380	jk	B23	1.684±0.031	ghi	R1	11.265±0.010	nop	B4	6.891±0.160	op			
B24	10.168±0.148	kl	B24	1.700±0.058	hi	B24	11.533±0.069	op	A1	7.123±0.677	p			
A3	10.665±0.273	l	B16	1.705±0.163	i	A1	12.023±0.377	p	B5	7.125±0.520	p			

* Letras distintas indican que las medias son significativamente diferentes (p<0.05), de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Duncan